

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004年6月3日 (03.06.2004)

PCT

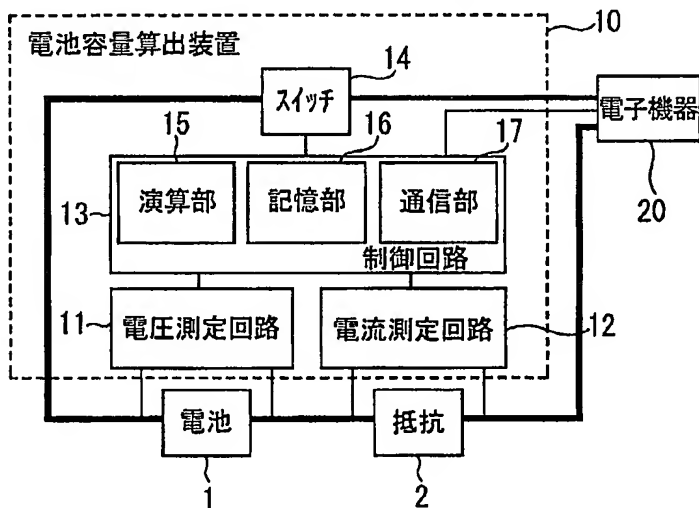
(10) 国際公開番号  
WO 2004/046742 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G01R 31/36 (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 上坂 進一 (UE-SAKA, Shinichi) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 富田 尚 (TOMITA, Takashi) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 畠沢 剛信 (HATAZAWA, Tsuyonobu) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 池田 多聞 (IKEDA, Tamon) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/014116
- (22) 国際出願日: 2003年11月5日 (05.11.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2002-331971  
2002年11月15日 (15.11.2002) JP *15 May 05*
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 中村 友之 (NAKAMURA, Tomoyuki); 〒105-0001 東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階 三好内外特許事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

/続葉有/

(54) Title: BATTERY CAPACITY CALCULATING METHOD, BATTERY CAPACITY CALCULATING APPARATUS, AND BATTERY CAPACITY CALCULATING PROGRAM

(54) 発明の名称: 電池容量算出方法、電池容量算出装置、及び電池容量算出プログラム



- 10...BATTERY CAPACITY CALCULATING APPARATUS  
14...SWITCH  
13...CONTROL CIRCUIT  
15...CALCULATING PART  
16...MEMORY PART  
17...COMMUNICATION PART  
11...VOLTAGE MEASURING CIRCUIT  
12...CURRENT MEASURING CIRCUIT  
1...BATTERY  
2...RESISTOR  
20...ELECTRONIC DEVICE

(57) Abstract: A battery capacity calculating method that can calculate, with an extremely high degree of precision, the remaining capacity of a secondary battery particularly in an ending stage of discharge independently of environmental conditions, such as temperature, degradation and the like. A battery capacity calculating apparatus (10) includes a voltage measuring circuit (11) for measuring the terminal voltage ( $V_{mea}$ ) of a battery (1) during discharging thereof, a current measuring circuit (12) for measuring a current value ( $I$ ) of the battery (1) during discharging thereof, and a control circuit (13) for calculating the remaining capacity and/or remaining power. A calculating part (15) in the control circuit (13) calculates, based on the terminal voltage ( $V_{mea}$ ) and current value ( $I$ ) measured by the voltage measuring circuit (11) and current measuring circuit (12), a discharge capacity ( $Q_{mea}$ ) and an apparent discharge capacity ( $Q_{ocv}$ ), and then predicts, during discharge, based on a capacity gap ( $\Delta Q$ ) that is a difference therebetween, a discharge curve ( $C_{pre}$ ) that will appear in the future including an ending stage of discharge, and then calculates, based on the predicted discharge curve ( $C_{pre}$ ), the remaining capacity and/or remaining power of the battery (1).

/続葉有/



DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

温度や劣化状態といった環境条件によらず、二次電池の残容量を特に放電末期で極めて正確に算出することができる電池容量算出方法である。電池容量算出装置 (10) は、放電時における電池 (1) の端子電圧 ( $V_{mea}$ ) を測定する電圧測定回路 (11) と、放電時における電池 (1) の電流値 ( $I$ ) を測定する電流測定回路 (12) と、残容量及び／又は残電力を算出する制御回路 (13) とを備える。制御回路 (13) における演算部 (15) は、電圧測定回路 (11) 及び電流測定回路 (12) によって測定した端子電圧 ( $V_{mea}$ ) と電流値 ( $I$ ) とに基づいて、放電容量 ( $Q_{mea}$ ) と見かけ上の放電容量 ( $Q_{ocv}$ ) とを算出し、これらの差分である容量ずれ ( $\Delta Q$ ) に基づいて、放電末期を含む将来における放電曲線 ( $C_{pre}$ ) を放電中に予測し、予測した放電曲線 ( $C_{pre}$ ) に基づいて、電池 (1) の残容量及び／又は残電力を算出する。

## 明細書

電池容量算出方法、電池容量算出装置、及び電池容量算出プログラム

## 5 技術分野

本発明は、二次電池の残容量及び／又は残電力を算出する電池容量算出方法、電池容量算出装置、及び電池容量算出プログラムに関する。

## 背景技術

- 10 近年、例えばノートブック型パーソナルコンピュータや携帯電話機といったように、リチウムイオン二次電池等の二次電池（以下、単に電池という。）を電源とする電子機器が普及している。

- 電池の残容量を算出する方法としては、例えば、端子電圧と残容量との関係を用いる方法や、満充電容量時における放電容量を"0"と定義  
15 したとき満充電容量から放電電流を積算して求めた放電容量を減算する方法といったように、様々なものが提案され、検討されてきている。

- ここで、端子電圧と残容量との関係は、例えば第16図に示すように、残容量の減少にともない、所定の放電停止電圧 $V_{cut}$ まで端子電圧が減少する曲線 $C_{new}$ 、 $C_{old}$ によって表される。特に、電池においては、  
20 残容量が"0"近傍、すなわち、放電末期になると、端子電圧が急激に低下する傾向にあり、この領域に所定の放電警報電圧 $V_{war}$ が設定される。なお、同図において、曲線 $C_{new}$ は、劣化していない初期電池におけるものであり、曲線 $C_{old}$ は、使用によって劣化した劣化電池におけるものである。すなわち、電池においては、長期間使用して劣化した場  
25 合には、端子電圧と残容量との関係が、同じ放電条件であったとしても大きく変化することが知られている。そのため、上述した端子電圧と残

容量との関係を用いる電池容量算出方法においては、残容量の推定精度が低下するという問題が指摘されている。

そこで、電池の残容量を算出するにあたっては、このような電池の劣化による電圧特性の変化への対応を考慮する必要がある。上述した満充電容量から放電電流を積算して求めた放電容量を減算する電池容量算出方法においては、電池の劣化による電圧特性の変化に対応する方法として、充放電のサイクル数をカウントしてそのサイクル数に応じて満充電容量を補正する方法や、満充電状態となるまでの充電容量を用いて満充電容量を補正する方法といったように、様々な方法が検討されてきている（例えば、特開 2 0 0 2 - 2 3 6 1 5 4 号公報及び特開 2 0 0 2 - 1 6 2 4 5 2 号公報参照。）。

特開 2 0 0 2 - 2 3 6 1 5 4 号公報には、充放電のサイクル数をカウントしてそのサイクル数に応じて満充電容量を補正する方法としての“電池の残容量補正方法”が開示されている。この特開 2 0 0 2 - 2 3 6 1 5 4 号公報には、サイクル数のみならず、電池の保存状態に応じて満充電容量を補正することにより、電池を長期間保存した後に使用する場合であっても、残容量の表示誤差を少なくすることができる旨が記載されている。

また、特開 2 0 0 2 - 1 6 2 4 5 2 号公報には、満充電状態となるまでの充電容量を用いて満充電容量を補正する方法としての“電池残量検出回路”が開示されている。この特開 2 0 0 2 - 1 6 2 4 5 2 号公報には、所定の放電警報電圧まで放電した場合における満充電状態までの充電容量を用いて満充電容量を補正することにより、電池の電圧特性が変化した場合であっても残容量の検出を正確に行うことができる旨が記載されている。

しかしながら、特開 2002-236154 号公報に記載された技術においては、実際の電池の使用環境や劣化様式が多様であることから、理想的な環境下で測定した補正係数を用いて満充電容量を補正すると、実際の満充電容量と異なる値が算出されるといいう問題があった。

- 5      また、特開 2002-162452 号公報に記載された技術においては、以下のような問題があった。

- 放電警報電圧は、通常、電池に接続されている電子機器の終了処理に必要な容量を残して当該終了処理に移行するために、電池本来の放電停止電圧よりも高めに設定されている。ここで、この放電警報電圧は、劣
- 10   化していない初期電池の測定データを用いて決定されるものであるが、第 16 図に示したように、電池は、劣化するのにもない、放電末期における曲線の傾きが緩やかになる。換言すれば、電池は、劣化するのにもない、放電末期における放電容量と端子電圧との関係を示す放電曲線の傾きが緩やかになる。したがって、電池には、劣化していない初期
- 15   電池に基づいて決定した放電警報電圧以下の電圧であったとしても、十分な容量が残存していることになる。

- しかしながら、特開 2002-162452 号公報に記載された技術においては、この放電警報電圧を電池の劣化状態に合わせて低下させることができないことから、満充電容量を過小に評価することになり、実
- 20   際にはさほど劣化していない電池であったとしても、残容量が過小に算出され、結果として、電子機器の実使用時間が短くなるという問題があった。

- これに対して、これら特開 2002-236154 号公報及び特開 2002-162452 号公報のように、端子電圧と残容量との関係を用
- 25   いる方法や、満充電容量から放電電流を積算して求めた放電容量を減算

する方法とは異なる観点から電池の残容量を算出する方法として、特開 2001-231179 号公報に記載された技術が存在する。

- この特開 2001-231179 号公報には、電池の内部インピーダンスと平衡電圧とを用いて残容量を算出する方法としての”電池容量検
- 5 出方法及び装置並びに電池パック”が開示されている。なお、平衡電圧とは、電池の端子を開放させた状態で長期間放置し、電極及び電解液の内部状態が安定となったときの端子電圧である。この特開 2001-231179 号公報には、劣化電池における放電容量と平衡電圧との関係を示す平衡電圧曲線と内部インピーダンスとを測定し、内部インピーダ
- 10 ンスによる電圧降下に基づいて残容量を算出する技術が開示されており、残容量のみならず、残電力の正確な算出も試みた旨が記載されている。

しかしながら、この特開 2001-231179 号公報に記載された技術においては、以下のような問題があった。

- 電池の内部インピーダンスによる電圧降下  $\Delta V$  は、第 17 図に示す
- 15 ように、平衡電圧曲線  $C_{eq}$  と放電曲線  $C_{dc}$  との差分で表されるが、内部インピーダンスは、放電容量に依存して変化し、放電末期で大きく増加する。したがって、内部インピーダンスを用いて残容量を算出するためには、この放電末期における内部インピーダンス増加を考慮することが最も重要な事項となる。

- 20 ここで、電池においては、劣化するのにもない、内部インピーダンスも変化することが知られている。特開 2001-231179 号公報に記載された技術においては、この内部インピーダンスを適宜測定することによって残電力の算出を試みているが、特に放電末期における内部インピーダンスの増加を測定するためには、放電末期まで完全に放電す
- 25 る必要がある。

すなわち、特開 2 0 0 1 - 2 3 1 1 7 9 号公報に記載された技術においては、放電中に放電末期における内部インピーダンスを把握することができないことから、長期間保存されている状態から放電した場合や、浅い放電深度で充放電を繰り返して劣化した場合といったように、事前  
5 に測定した内部インピーダンスが現在の内部インピーダンスと比較して大きく変化している場合には、残容量を正確に予測することができないという問題があった。

以上のように、これら各種従来の電池容量算出方法においては、劣化電池における特に放電末期の放電曲線を事前に予測することができな  
10 かった。そのため、従来の電池容量算出方法を用いて残容量を算出した場合には、電池の容量を完全に使い切ることができず、電子機器の実使用時間が短くなるという問題があった。

すなわち、従来の電池容量算出方法においては、略完全に放電してはじめて正確な残容量の算出が可能となる一方で、略完全に放電するため  
15 には正確な残容量を事前に把握する必要がある、という相反する問題があった。このことは、従来の電池容量算出方法は、現実的には実現不可能なものであることを意味している。

また、従来の電池容量算出方法においては、電池の容量を完全に使用することができないことから、真の電池の劣化状態を検出することが  
20 できず、電池の劣化を過大に検出してしまう事態も招来していた。

本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、温度や電池の劣化状態といった環境条件によらず、電池の残容量を特に放電末期で極めて正確に算出することができ、電池の寿命を延ばすことができる電池容量算出方法、電池容量算出装置、及び電池容量算出プログラムを提  
25 供することを目的とする。

## 発明の開示

上述した目的を達成する本発明にかかる電池容量算出方法は、二次電池の残容量及び／又は残電力を算出する電池容量算出方法であって、上記二次電池における放電容量と平衡電圧との関係を示す平衡電圧曲線  $C_{eq}$  を算出する平衡電圧曲線算出工程と、放電時における上記二次電池の端子電圧  $V_{mea}$  と電流値  $I$  とを測定する電圧・電流測定工程と、上記電圧・電流測定工程にて測定した上記端子電圧  $V_{mea}$  及び上記電流値  $I$  に基づいて、上記二次電池の放電容量  $Q_{mea}$  を算出する放電容量算出工程と、上記端子電圧  $V_{mea}$  に対して直流抵抗  $R_{dc}$  による電圧降下  $\Delta V_d$  を加算して見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  を算出する見かけ上の平衡電圧算出工程と、上記平衡電圧曲線算出工程にて算出した上記平衡電圧曲線  $C_{eq}$  に基づいて、上記平衡電圧算出工程にて算出した上記見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  に対応する見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  を算出する見かけ上の放電容量算出工程と、上記放電容量  $Q_{mea}$  と上記見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  との差分である容量ずれ  $\Delta Q$  を算出する容量ずれ算出工程と、上記容量ずれ算出工程にて算出した上記容量ずれ  $\Delta Q$  に基づいて、将来における放電曲線  $C_{pre}$  を予測する予測工程とを備えることを特徴としている。

このような本発明にかかる電池容量算出方法は、放電時における端子電圧  $V_{mea}$  と電流値  $I$  とを逐次測定し、この端子電圧  $V_{mea}$  と電流値  $I$  とに基づいて、放電容量  $Q_{mea}$  と見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  とを算出し、これらの差分である容量ずれ  $\Delta Q$  に基づいて、放電末期を含む将来における放電曲線  $C_{pre}$  を放電中に予測する。これにより、本発明にかかる電池容量算出方法は、従来では略完全に放電してはじめて算出が可能であった正確な残容量及び／又は残電力を、放電中に求めることができる。



- より具体的には、上記予測工程では、放電末期に近い場合には、上記放電容量算出工程にて算出した上記放電容量 $Q_{mea}$ と上記容量ずれ算出工程にて算出した上記容量ずれ $\Delta Q$ とに基づいて、放電容量に対する容量ずれの減少率 $dQ$ が算出され、上記容量ずれ $\Delta Q$ と上記減少率 $dQ$ とに基づいて、将来における放電曲線 $C_{pre}$ が予測される。

このとき、上記容量ずれ $\Delta Q$ は、放電末期に近い場合には、上記放電容量 $Q_{mea}$ の1次関数で表されることから、将来における放電曲線 $C_{pre}$ を容易に予測することが可能となる。

- 一方、上記予測工程では、放電末期でない場合には、上記平衡電圧曲線 $C_{equ}$ に基づいて、上記放電容量 $Q_{mea}$ に対応する平衡電圧 $V_{equ}$ が算出され、上記平衡電圧 $V_{equ}$ と上記端子電圧 $V_{mea}$ との差分である電圧降下 $\Delta V$ に基づいて、将来における放電曲線 $C_{pre}$ が予測される。

- そして、本発明にかかる電池容量算出方法は、上記見かけ上の平衡電圧 $V_{ocv}$ に基づいて、放電末期に近い否かの判定を行い、判定結果に応じて、上記放電曲線 $C_{pre}$ の予測方法を切り替える切替工程を備える。

これにより、本発明にかかる電池容量算出方法は、特に放電末期における放電曲線を放電中に極めて正確に予測することが可能となる。

- また、上述した目的を達成する本発明にかかる電池容量算出装置は、二次電池の残容量及び／又は残電力を算出する電池容量算出装置であって、放電時における上記二次電池の端子電圧 $V_{mea}$ を測定する電圧測定手段と、放電時における上記二次電池の電流値 $I$ を測定する電流測定手段と、上記二次電池の残容量及び／又は残電力を算出する演算処理手段とを備え、上記演算処理手段は、上記二次電池における放電容量と平衡電圧との関係を示す平衡電圧曲線 $C_{equ}$ を算出し、上記電圧測定手段によって測定した上記端子電圧 $V_{mea}$ 及び上記電流測定手段によって測定した上記電流値 $I$ に基づいて、上記二次電池の放電容量 $Q_{mea}$ を算出し、

上記端子電圧  $V_{mea}$  に対して直流抵抗  $R_{dc}$  による電圧降下  $\Delta V_{dc}$  を加算して見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  を算出し、上記平衡電圧曲線  $C_{eq_u}$  に基づいて、上記見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  に対応する見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  を算出し、上記放電容量  $Q_{mea}$  と上記見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  との差分である容量ずれ  $\Delta Q$  を算出し、上記容量ずれ  $\Delta Q$  に基づいて、将来における放電曲線  $C_{pre}$  を予測することを特徴としている。

- 5  $V_{ocv}$  との差分である容量ずれ  $\Delta Q$  を算出し、上記容量ずれ  $\Delta Q$  に基づいて、将来における放電曲線  $C_{pre}$  を予測することを特徴としている。
- このような本発明にかかる電池容量算出装置は、放電時における端子電圧  $V_{mea}$  と電流値  $I$  とを、それぞれ、電圧測定手段及び電流測定手段によって逐次測定し、この端子電圧  $V_{mea}$  と電流値  $I$  とに基づいて、放電容量  $Q_{mea}$  と見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  とを演算処理手段によって算出し、これらの差分である容量ずれ  $\Delta Q$  に基づいて、放電末期を含む将来における放電曲線  $C_{pre}$  を演算処理手段によって放電中に予測する。これにより、本発明にかかる電池容量算出装置は、従来では略完全に放電してはじめて算出が可能であった正確な残容量及び／又は残電力を、
- 10 放電中に求めることが可能となる。

- さらに、上述した目的を達成する本発明にかかる電池容量算出プログラムは、二次電池の残容量及び／又は残電力を算出するコンピュータ実行可能な電池容量算出プログラムであって、上記二次電池における放電容量と平衡電圧との関係を示す平衡電圧曲線  $C_{eq_u}$  を算出する平衡電圧曲線算出処理と、放電時における上記二次電池の端子電圧  $V_{mea}$  と電流値  $I$  とを測定する電圧・電流測定処理と、上記電圧・電流測定処理にて測定した上記端子電圧  $V_{mea}$  及び上記電流値  $I$  に基づいて、上記二次電池の放電容量  $Q_{mea}$  を算出する放電容量算出処理と、上記端子電圧  $V_{mea}$  に対して直流抵抗  $R_{dc}$  による電圧降下  $\Delta V_{dc}$  を加算して見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  を算出する見かけ上の平衡電圧算出処理と、上記平衡電圧曲線算出処理にて算出した上記平衡電圧曲線  $C_{eq_u}$  に基づいて、上記
- 20 曲線算出処理と、放電時における上記二次電池の端子電圧  $V_{mea}$  と電流値  $I$  とを測定する電圧・電流測定処理と、上記電圧・電流測定処理にて測定した上記端子電圧  $V_{mea}$  及び上記電流値  $I$  に基づいて、上記二次電池の放電容量  $Q_{mea}$  を算出する放電容量算出処理と、上記端子電圧  $V_{mea}$  に対して直流抵抗  $R_{dc}$  による電圧降下  $\Delta V_{dc}$  を加算して見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  を算出する見かけ上の平衡電圧算出処理と、上記平衡電圧曲線算出処理にて算出した上記平衡電圧曲線  $C_{eq_u}$  に基づいて、上記
- 25 平衡電圧  $V_{ocv}$  を算出する見かけ上の平衡電圧算出処理と、上記平衡電圧曲線算出処理にて算出した上記平衡電圧曲線  $C_{eq_u}$  に基づいて、上記

- 平衡電圧算出処理にて算出した上記見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  に対応する見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  を算出する見かけ上の放電容量算出処理と、上記放電容量  $Q_{mea}$  と上記見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  との差分である容量ずれ  $\Delta Q$  を算出する容量ずれ算出処理と、上記容量ずれ算出処理にて算出した上記容量ずれ  $\Delta Q$  に基づいて、将来における放電曲線  $C_{pre}$  を予測する予測処理とを備えることを特徴としている。

- このような本発明にかかる電池容量算出プログラムは、放電時における端子電圧  $V_{mea}$  と電流値  $I$  とを逐次測定し、この端子電圧  $V_{mea}$  と電流値  $I$  とに基づいて、放電容量  $Q_{mea}$  と見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  とを算出し、これらの差分である容量ずれ  $\Delta Q$  に基づいて、放電末期を含む将来における放電曲線  $C_{pre}$  を放電中に予測する。これにより、本発明にかかる電池容量算出プログラムが提供された機器は、従来では略完全に放電してはじめて算出が可能であった正確な残容量及び／又は残電力を、放電中に求めることができる。

15

#### 図面の簡単な説明

第1図は、放電を停止した場合における電圧変化を説明する図であって、本発明の実施の形態として示す電池容量算出方法の原理について説明するための図である。

- 20 第2図は、放電時の放電容量に対する端子電圧の関係、及び見かけ上の平衡電圧に対する見かけ上の放電容量の関係を説明する図である。

第3図は、放電容量と容量ずれとの関係を説明する図である。

第4図は、放電容量と平衡電圧との関係を表す平衡電圧曲線を説明する図である。

第 5 図は、放電容量と電圧との関係を説明する図であって、放電時の端子電圧と平衡電圧との差分である電圧降下に基づいて、残容量及び残電力を算出する方法を説明する図である。

第 6 図は、放電容量と電圧との関係を説明する図であって、放電時の端子電圧を補正した見かけ上の平衡電圧と容量ずれとに基づいて、放電末期における放電曲線を予測し、残容量及び残電力を算出する方法を説明する図である。

第 7 図は、初期電池の平衡電圧曲線と劣化電池の平衡電圧曲線とを説明する図であって、収縮比に基づいて、劣化電池の平衡電圧曲線を求める方法を説明する図である。

第 8 図は、充電を強制的に停止させた場合において、電圧変化率の絶対値の平方根が、充電停止からの時間の対数に対して略直線的に減少する様子を説明する図である。

第 9 図は、同電池容量算出方法を適用した具体的な電池容量算出装置について説明するブロック図である。

第 10 図は、同電池容量算出装置において電池の残容量及び残電力を算出する際の一連の処理を説明するフローチャートである。

第 11 図は、第 10 図に示す充電処理工程の詳細を説明するフローチャートである。

第 12 図は、第 10 図に示す放電処理工程の詳細を説明するフローチャートである。

第 13 図は、第 12 図に示す第 1 の残容量算出工程の詳細を説明するフローチャートである。

第 14 図は、第 12 図に示す第 2 の残容量算出工程の詳細を説明するフローチャートである。

第15図は、第10図に示す休止処理工程の詳細を説明するフローチャートである。

第16図は、端子電圧と残容量との関係を説明する図であって、初期電池と劣化電池とで特性が変化する様子を説明する図である。

- 5 第17図は、電圧と放電容量との関係を説明する図であって、電池の内部インピーダンスによる電圧降下が放電容量に依存して変化する様子を説明する図である。

発明を実施するための最良の形態

- 10 以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

- この実施の形態は、例えばノートブック型パーソナルコンピュータや携帯電話機等の電子機器の電源として用いられるリチウムイオン二次電池等の二次電池の残容量を算出する電池容量算出方法である。この電池
- 15 容量算出方法は、本件出願人が、様々な条件下にて、放電末期における放電曲線の特徴及び二次電池内部の物理化学的な現象について検討を行い、放電時における端子電圧と電流値とを測定することにより、放電末期における放電曲線を放電中であるにもかかわらず極めて正確に予測することが可能であるという知見を得たことに基づくものである。すなわ
- 20 ち、この電池容量算出方法は、二次電池の端子電圧と電流値とを逐次測定し、この端子電圧と電流値とに基づいて、放電末期を含む将来における放電曲線を放電中に予測することにより、従来では略完全に放電してはじめて算出が可能であった正確な残容量を、放電中に求めることができるものである。

- 25 なお、以下では、二次電池を単に電池と称して説明するものとする。  
また、以下の説明において、平衡電圧とは、電池の端子を開放させた状

態で長期間放置し、電極及び電解液の内部状態が安定となったときの端子電圧を意味し、平衡電圧曲線とは、放電容量と平衡電圧との関係を示す曲線を意味するものとする。さらに、以下の説明において、放電曲線とは、放電容量と端子電圧との関係を示す曲線を意味し、放電容量について、満充電状態時における容量を"0"と定義するものとする。

まず、電池容量算出方法の原理について説明するために、平衡電圧曲線と放電曲線との関係について第1図を用いて説明する。

電池は、放電している場合には、通常、内部インピーダンスの影響により、放電時における電流値に応じて、端子電圧 $V_{mea}$ が平衡電圧 $V_{eq}$ よりも低い値をとる。

ここで、同図に放電曲線 $C_{dc}$ の時間変化を示すように、ある時刻 $t$ にて放電を停止し、電池の端子を開放した場合を考える。この場合、端子電圧は、放電停止直後に急激に増加した後、時間的に緩やかに増加し、所定の時間だけ電池を放置しておくと、その時点での放電容量に対応する平衡電圧 $V_{eq}$ に一致する。

この現象は、電池の内部インピーダンスが、電流値の変化に対して瞬時に応答する成分と遅く応答する成分の2種類に大別されることを示している。ここでは、この放電停止直後に急激に増加した電圧を、見かけ上の平衡電圧 $V_{ocv}$ と称するものとする。また、放電時における平衡電圧 $V_{eq}$ と端子電圧 $V_{mea}$ との差分で表される電圧降下 $\Delta V (= V_{eq} - V_{mea})$ を、放電停止後における電圧変化の時定数に応じて、 $\Delta V_{dc} (= V_{ocv} - V_{mea})$ と、 $\Delta V_{di} (= V_{eq} - V_{ocv})$ とに区別し、前者を、直流抵抗 $R_{dc}$ による電圧降下 $\Delta V_{dc}$ と称するとともに、後者を、拡散による電圧降下 $\Delta V_{di}$ と称するものとする。

具体的には、直流抵抗 $R_{dc}$ は、電池を構成している電極と電解液の電気抵抗、及び電極と電解液界面にて生じる過電圧に起因して生じるも

のである。この直流抵抗  $R_{dc}$  による電圧降下  $\Delta V_{dc}$  は、ほぼオームの法則にしたがい、電流値  $I$  と直流抵抗  $R_{dc}$  との積で表すことができるものである。

一方、拡散による電圧降下  $\Delta V_{di}$  は、電池内部にて電荷を運んでいる化学物質の濃度分布に起因して生じるものであり、電解液中での電荷の動きやすさに関係するものである。逆に言えば、端子電圧が放電停止後にこの拡散による電圧降下  $\Delta V_{di}$  の分だけ時間的に緩やかに上昇する現象は、放電時に電荷が移動することによって化学物質の濃度分布に偏りが生じていた場合において放電を停止すると、化学物質の濃度分布を均質に戻そうとする現象が時間的に緩やかに生じることに起因するものと考えられる。この拡散による電圧降下  $\Delta V_{di}$  は、放電中には電池内部の化学物質の濃度分布が常に変化していることから、直流抵抗  $R_{dc}$  による電圧降下  $\Delta V_{dc}$  とは異なり、簡易に表現することはできないものである。

ところで、電池の正確な残容量を算出することは、放電末期における放電曲線を正確に予測することに集約されるが、放電末期にみられる内部インピーダンスの増加は、上述した2種類の内部インピーダンス成分のうち、電流値の変化に対して遅く応答する成分に支配的な要因があることを本件出願人が実験によって確認している。すなわち、放電末期にみられる内部インピーダンスの増加は、拡散による電圧降下  $\Delta V_{di}$  が急激に増加するために生じる現象であること確認した。したがって、放電末期における放電曲線を正確に予測するためには、この拡散による電圧降下  $\Delta V_{di}$  を正確に予測することが最も重要な事項となる。

ここで、第2図に示すように、放電容量が  $Q_{mea}$  であるときに端子電圧が  $V_{mea}$  であるときを考え、この端子電圧  $V_{mea}$  に対して、直流抵抗  $R_{dc}$  による電圧降下  $\Delta V_{dc}$  を加算した見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  に着

目する。また、平衡電圧曲線  $C_{eq_u}$  上における見かけ上の平衡電圧  $V_{oc_v}$  に対応する放電容量  $Q_{oc_v}$  と、現在の放電容量  $Q_{me_a}$  との差分を、容量ずれ  $\Delta Q$  ( $=Q_{oc_v} - Q_{me_a}$ ) と定義する。

- このとき、電池内部にて電荷を運ぶ化学物質の濃度分布が発生していない場合、すなわち、化学物質の濃度分布が均質である場合には、見かけ上の平衡電圧  $V_{oc_v}$  をプロットした曲線  $C_{dc}$  と平衡電圧曲線  $C_{eq_u}$  とが一致することから、容量ずれ  $\Delta Q$  は、"0" となる。したがって、容量ずれ  $\Delta Q$  は、電池内部で発生している化学物質の濃度分布の程度を表す尺度であるものと考えられる。
- 10      そこで、本件出願人は、放電容量と容量ずれ  $\Delta Q$  との関係を詳細に求めた。その結果、放電容量と容量ずれ  $\Delta Q$  との関係は、負荷が一定の場合には、電池がどのような劣化状態、温度、負荷であったとしても、例えば第3図に示すように、放電容量に対する容量ずれ  $\Delta Q$  が、放電末期で略直線状に減少する特徴を有するという知見が得られた。すなわち、容量ずれ  $\Delta Q$  は、放電容量  $Q_{me_a}$  の1次関数 ( $\Delta Q = Q_{oc_v} - Q_{me_a} = a \cdot Q_{me_a} + b$ ;  $a$ ,  $b$  は、定数。) で表されるという知見が得られた。このことは、放電によって生じた電池内部での化学物質の濃度分布が放電末期で縮小することを示していると考えられる。

- したがって、放電中にこの容量ずれ  $\Delta Q$  を逐次測定し、放電末期における放電容量に対する容量ずれ  $\Delta Q$  の線形的な減少率を算出することにより、その時点からの将来における容量ずれ  $\Delta Q$  を容易に予測することができ、その結果、見かけ上の平衡電圧  $V_{oc_v}$  を予測することができる。そして、予測した平衡電圧  $V_{oc_v}$  から直流抵抗  $R_{dc}$  による電圧降下  $\Delta V_{dc}$  を減算することにより、将来における放電曲線を正確に
- 25      予測することができることになる。



- このように、本発明は、放電末期において急激に増加する拡散による電圧降下  $\Delta V_{d1}$  の現象を、電圧方向の変化として捉えるのではなく、容量ずれ  $\Delta Q$  という容量方向の変化として捉える、という全く新たな観点から着目したものであり、将来における容量ずれ  $\Delta Q$  を予測することにより、従来の方法では不可能であった放電末期における正確な放電曲線の予測を可能とし、特に放電末期における残容量を正確に算出することができるものである。

さて、以下では、このような原理に基づく電池容量算出方法について説明する。

- 10 電池容量算出方法は、ここでは図示しないが、少なくとも、電池の端子電圧、及び電池に流れている電流を測定する回路と、残容量を算出する制御回路とから構成される装置によって実現することができる。

- 電池容量算出方法においては、制御回路内部に、各種情報を記憶する記憶部を備え、残容量を算出するために用いる平衡電圧曲線をこの記憶部に記憶しておく。この平衡電圧曲線は、予め算出して記憶部に記憶してもよく、また、何らかの近似式を用いて関数化して記憶部に記憶してもよく、さらには、放電容量と平衡電圧とを対応付けたテーブルとして記憶部に記憶してもよい。

- また、電池容量算出方法においては、放電時における残容量の算出に先だって、電池の直流抵抗  $R_{dc}$  を算出し、記憶部に記憶する。この直流抵抗  $R_{dc}$  は、充電時に測定してもよいが、充電時に測定した値を用いる場合には、充電時の温度と放電時の温度とが異なる場合があることから、温度補正を行うといった煩雑な処理が必要となるおそれがある。そこで、電池容量算出方法においては、放電時に直流抵抗  $R_{dc}$  を測定するものとする。勿論、電池容量算出方法においては、放電中においても温度変化が生じる場合があることから、これを考慮して温度補正を行

- ってもよい。なお、直流抵抗 $R_{dc}$ は、例えば、接続される電子機器の電源投入時や、電子機器がパーソナルコンピュータ等である場合には、任意のアプリケーションの起動時といったように、大きな負荷変動が生じる機会を利用し、その負荷変動の前後における電圧及び電流の変化 $dV_{mea}$ ,  $dI$ を測定することにより、 $R_{dc} = dV_{mea} / dI$ として容易に算出することができる。

- このような電池容量算出方法においては、電池が使用状態にあるときは、電池の端子電圧 $V_{mea}$ 及び電池に流れている電流値 $I$ を逐次測定し、電流積算を行うことによって現在の放電容量 $Q_{mea}$ を算出する。また、
- 10 電池容量算出方法においては、記憶部に記憶している直流抵抗 $R_{dc}$ を用いて電圧降下 $\Delta V_{dc} (= I \cdot R_{dc})$ と見かけ上の平衡電圧 $V_{ocv} (= V_{mea} + \Delta V_{dc} = V_{mea} + I \cdot R_{dc})$ とを算出し、さらに、記憶部に記憶している平衡電圧曲線を用いて見かけ上の放電容量 $Q_{ocv}$ を算出し、上述した容量ずれ $\Delta Q (= Q_{ocv} - Q_{mea})$ を求める。そして、
- 15 電池容量算出方法においては、現在の放電容量 $Q_{mea}$ と容量ずれ $\Delta Q$ とを対応付けて記憶部に記憶しておき、過去数回分の放電容量 $Q_{mea}$ と容量ずれ $\Delta Q$ とに基づいて、容量ずれ $\Delta Q$ の減少率 $dQ$ を算出する。

- ここで、先に第3図に示した容量ずれ $\Delta Q$ の減少率の線形性を利用する残容量算出は、放電末期付近の特徴を捉えたものであることから、
- 20 放電末期以外ではこの方法を用いることはできない。そのため、電池容量算出方法においては、放電中に、現在の状態が放電末期に近いかな否かを判定し、これに応じて処理内容を切り替える必要がある。

- そこで、電池容量算出方法においては、電池の端子電圧 $V_{mea}$ に対して、直流抵抗 $R_{dc}$ と電流値 $I$ との積で表される電圧降下 $\Delta V_{dc}$ を加算した見かけ上の平衡電圧 $V_{ocv}$ を、所定の閾値と比較することにより、
- 25 放電末期に近いかな否かの判定を行う。これは、見かけ上の平衡電圧 $V_{ocv}$

- $c_v$ が、第4図中破線部で示すように、平衡電圧曲線の傾きが急激に変化する変曲点付近の電圧である場合に、第3図に示した容量ずれ $\Delta Q$ の線形的な減少が発生するという知見を本件出願人が実験によって得たことに基づくものである。勿論、電池容量算出方法においては、放電容量 $Q_{mea}$ や測定した端子電圧 $V_{mea}$ 、又はこれらの組み合わせに基づいて、放電末期に近いか否かの判定を行うようにしてもよく、また、求めた容量ずれ $\Delta Q$ を放電容量 $Q_{mea}$ で微分した値が一定となることを検出することによって容量ずれ $\Delta Q$ の減少率が線形になったことを判定するようにしてもよい。いずれの方法を用いた場合であっても、電池容量算出方法においては、容量ずれ $\Delta Q$ の減少率の線形性を利用して放電末期に近いか否かを判定することに変わりはない。

- 電池容量算出方法においては、放電末期でないものと判定された場合には、第5図に示すように、現在の放電容量 $Q_{mea}$ から現在の平衡電圧 $V_{equ}$ を求め、そのときの電圧降下 $\Delta V$ を算出し、例えば、平衡電圧曲線 $C_{equ}$ から電圧降下 $\Delta V$ を差し引くことによって将来における放電曲線 $C_{pre}$ を予測する。そして、電池容量算出方法においては、予測した放電曲線 $C_{pre}$ が放電停止電圧 $V_{cut}$ を下回るまでの放電容量 $Q_{cut}$ と現在の放電容量 $Q_{mea}$ との差分を、残容量 $Q_r$ として算出するとともに、それまでに予測した電圧で積分した同図中斜線部で示す値を、残電力 $W_r$ として算出する。

- なお、このような方法で残容量を算出する場合には、負荷が変動する毎に電圧降下 $\Delta V$ が変動することから、残容量が変動することになる。これを回避するために、電池容量算出方法においては、現在までの最大負荷に対応する最大電圧降下 $\Delta V_{max}$ を用いて将来における放電曲線 $C_{pre}$ を予測するようにしてもよい。また、電池容量算出方法においては、定電力放電を仮定した場合には、放電するのにともない電圧が低下

- するために電流が増加し、これによって電圧降下が大きくなることを考慮して、将来における電圧降下  $\Delta V$  を算出するようにしてもよい。さらに、電池容量算出方法においては、過去に略完全放電を行うことができた場合には、このときの実際に放電できた容量や電力を用いて、算出した残容量を補正するようにしてもよい。

- 一方、電池容量算出方法においては、放電末期に近いものと判定された場合には、第6図に示すように、現在の容量ずれ  $\Delta Q_{mea}$  と容量ずれの減少率  $dQ$  とに基づいて、すなわち、容量ずれ  $\Delta Q$  が放電容量  $Q_{mea}$  の1次関数 ( $\Delta Q = Q_{ocv} - Q_{mea} = a \cdot Q_{mea} + b$ ;  $a, b$  は、定数。) で表されるという特徴を利用して、同図中黒丸で示す将来における見かけ上の平衡電圧を予測し、これら見かけ上の平衡電圧から直流抵抗  $R_{dc}$  による電圧降下  $\Delta V_{dc}$  を減算することによって将来における放電曲線  $C_{pre}$  を予測する。そして、電池容量算出方法においては、上述した放電末期でないものと判定された場合と略同様に、残容量  $Q_r$  と残電力  $W_r$  とを算出する。このとき、電池容量算出方法においては、将来における電流値  $I$  については、現在の電流値や現在までの最大電流値を将来にわたって一定であるものと仮定してもよく、また、現在の電力や最大電力を将来にわたって一定であるものと仮定して電流値の変化を考慮してもよい。

- なお、電池容量算出方法においては、上述したように、残容量の算出に先だって、平衡電圧曲線を求めておく必要があるが、この平衡電圧曲線は、通常、電池の劣化にともない変化することから、劣化していない初期電池の平衡電圧曲線ではなく、現在の状態における劣化電池の平衡電圧曲線を求める必要がある。ここで、平衡電圧曲線は、例えば第7図に示すように、その形状が初期電池と劣化電池とで略相似形になることに着目する。なお、同図において、曲線  $C_{equn}$  は、劣化していない初

期電池における平衡電圧曲線を示し、曲線  $C_{eq_u_0}$  は、使用によって劣化した劣化電池における平衡電圧曲線を示している。すなわち、劣化電池の平衡電圧曲線  $C_{eq_u_0}$  は、初期電池の平衡電圧曲線  $C_{eq_u_n}$  の形状を保ちながら一方向に収縮した形状を呈するものとなる。

- 5      そこで、電池容量算出方法においては、平衡電圧曲線  $C_{eq_u_n}$ 、 $C_{eq_u_0}$  が互いに略相似形となる事実に基づいて、平衡電圧曲線  $C_{eq_u_n}$  を予め把握しておき、劣化電池における少なくとも 2 点の平衡電圧とこれら平衡電圧間の容量とを求めることにより、平衡電圧曲線の容量方向の収縮比  $S$ 、すなわち、“劣化電池の満充電容量／初期電池の満充電容量”
- 10     を算出することができる。例えば、電池容量算出方法においては、同図に示すように、求めた劣化電池における 2 点の平衡電圧を  $V_1$ 、 $V_2$  とし、これら平衡電圧  $V_1$ 、 $V_2$  に対応する放電容量が  $Q_1$ 、 $Q_2$  ( $Q_2 > Q_1$ ) であるものとする、平衡電圧曲線  $C_{eq_u_n}$  上において平衡電圧が  $V_1$ 、 $V_2$  となる放電容量  $Q_{ini_1}$ 、 $Q_{ini_2}$  を求めれば、収縮比  $S$  を、
- 15      $(Q_2 - Q_1) / (Q_{ini_2} - Q_{ini_1})$  として算出することができる。
- 電池容量算出方法においては、この収縮比  $S$  に基づいて、劣化電池の平衡電圧曲線  $C_{eq_u_0}$  を求め、記憶部に記憶することができる。

- また、電池容量算出方法においては、平衡電圧を求める方法として、電池の利用者が充電も放電も行っていない休止状態の電圧から求める方法や、充電を強制的に停止してその後の電圧変化から平衡電圧を推定する方法等を用いることもできる。特に、電池容量算出方法においては、これら両者の方法を併用し、平衡電圧を求める機会を増やすのが望ましい。
- 20

- なお、充電を強制的に停止した場合には、例えば第 8 図に示すように、
- 25     電圧変化率 ( $dV/dt$ ) の絶対値の平方根が、充電停止からの時間の対数に対して、略直線的に減少する、という知見を本件出願人が実験に

よって得ていることから、この方法により、充電停止後の短時間における電圧変化に基づいて、平衡電圧を推定することが可能となる。

ただし、この収縮比  $S$  の算出にあたっては、求める平衡電圧の少なくとも 2 点間の容量を十分に大きくする必要があることから、浅い放電深度での充放電を繰り返している場合には、十分な精度での算出が困難であるが、電池容量算出方法においては、上述したように、容量ずれ  $\Delta Q$  の減少率の線形性を利用する残容量算出を行うことにより、このような場合であっても十分な精度で放電末期における残容量を算出することができる旨が、実験によって確認済みである。

10     さて、以下では、このような電池容量算出方法を適用して、所定の電子機器の電源としての電池の残容量を算出する具体的な電池容量算出装置について説明する。なお、以下では、説明の便宜上、満充電電圧が 4.2 V であり、放電停止電圧が 3.0 V であり、公称容量が 1800 mAh である直径 18 mm、長さ 65 mm のリチウムイオン二次電池の残容量を算出する電池容量算出装置について説明する。また、以下では、放電時の電流値を正、充電時の電流値を負として説明する。

電池容量算出装置は、上述したように、少なくとも、電池の端子電圧、及び電池に流れている電流を測定する回路と、残容量を算出する制御回路とから構成される。具体的には、例えば第 9 図に示すように、電池容量算出装置 10 は、電子機器 20 の電源としての電池 1 の端子電圧を測定する電圧測定回路 11 と、電池 1 に流れている電流を測定する電流測定回路 12 と、残容量及び／又は残電力を算出する制御回路 13 と、電池 1 に対する充電の停止又は開始を切り替えるスイッチ 14 とを備える。

25     なお、これらの各部から構成される電池容量算出装置 10 は、いわゆる電池パックとして、電池 1 を用いる電子機器 20 から独立して構成されてもよく、また、電池 1 を含めて電子機器 20 に内蔵されていてもよ

い。さらには、電池容量算出装置 10 は、電池 1 のみが電子機器 20 から独立して構成されてもよい。

電圧測定回路 11 は、電池 1 の端子電圧を測定する。電圧測定回路 11 は、得られたアナログ値である端子電圧を、例えば図示しない A/D (Analog to Digital) 変換器を用いてデジタル値に変換し、制御回路 13 に供給する。

電流測定回路 12 は、電池 1 に対して直列に接続されている例えば 20 mΩ の抵抗 2 における両端の電圧を測定することにより、電池 1 に流れている電流を測定する。電流測定回路 12 は、アナログ値である抵抗 2 における両端の電圧を、例えば図示しない A/D 変換器を用いてデジタル値に変換し、制御回路 13 に供給する。

制御回路 13 は、例えばマイクロプロセッサ等の各種演算を行う演算部 15 と、各種情報を書き換え可能に記憶する記憶部 16 と、電子機器 20 との間で各種情報の授受を行う通信部 17 とを有する。

制御回路 13 は、事前に残容量を算出する対象としての電池 1 の平衡電圧曲線を記憶部 16 に記憶しておく。この平衡電圧曲線は、上述したように、予め算出して記憶部 16 に記憶してもよく、また、何らかの近似式を用いて関数化して記憶部 16 に記憶してもよく、さらには、放電容量と平衡電圧とを対応付けたテーブルとして記憶部 16 に記憶してもよい。なお、ここでは、事前に平衡電圧曲線を算出し、記憶部 16 に記憶しておくものとする。

具体的には、電池容量算出装置 10 においては、電池 1 を所定の充放電器に装着し、例えば、充電電流 1 A のもとに、4.2 V まで定電流充電を行い、その後、4.2 V で定電圧充電を 3 時間行うことにより、当該電池 1 を満充電電圧まで充電する。そして、電池容量算出装置 10 においては、例えば 1 A で 10 分間といったように、所定の放電容量だけ

放電を行った後、電池 1 の端子を開放して端子電圧が安定するまで放置し、平衡電圧を求める。電池容量算出装置 10 においては、このような測定を、端子電圧が所定の放電停止電圧、すなわち、3.0 V になるまで繰り返し行うことにより、平衡電圧曲線を求める。なお、端子電圧が安定するまでの時間は、少なくとも 30 分以上必要である。

制御回路 13 は、このようにして求められた平衡電圧曲線を事前に記憶部 16 に記憶しておく。そして、制御回路 13 は、電圧測定回路 11 から供給された電圧と、電流測定回路 12 から供給された電圧から算出される電流値とに基づいて、演算部 15 によって電池 1 の残容量及び／又は残電力を算出する。制御回路 13 は、算出した残容量及び／又は残電力を、通信部 17 を介して電子機器 20 に対して伝達する。このとき、制御回路 13 は、電池 1 の劣化状態を併せて検出し、この情報を通信部 17 を介して電子機器 20 に対して伝達するようにしてもよい。

スイッチ 14 は、制御回路 13 から供給される制御信号に基づいて、充電を停止又は開始するために設けられ、充電中に強制的に休止状態を作り出すものである。

このような電池容量算出装置 10 は、第 10 図に示すような一連の工程を経ることにより、電池 1 の残容量及び／又は残電力を算出する。なお、同図におけるステップ S1 乃至ステップ S4 の処理は、例えば 1 秒といった一定の周期  $\Delta t$  で又は不規則に繰り返し行われるものである。ここでは、ステップ S1 乃至ステップ S4 の処理は、一定の周期  $\Delta t$  で繰り返し行われるものとする。

まず、電池容量算出装置 10 は、同図に示すように、ステップ S1 において、電圧測定回路 11 によって端子電圧  $V_{mea}$  を測定するとともに、電流測定回路 12 によって電流値  $I$  を測定し、これらの端子電圧  $V_{mea}$  及び電流値  $I$  を制御回路 13 によって取得する。



続いて、電池容量算出装置 10 は、ステップ S 2 において、制御回路 13 における演算部 15 によって容量積算を行い、現在の放電容量  $Q_{mea}$  ( $= Q_{old} - I \times \Delta t$ ) を算出する。ここで、 $Q_{old}$  は、前回算出した放電容量である。

- 5     続いて、電池容量算出装置 10 は、ステップ S 3 において、電流値  $I$  に基づいて、充電中であるか否かを制御回路 13 における演算部 15 によって判定する。電池容量算出装置 10 は、電流値  $I$  が負であるものと判定した場合には、充電中であるものと判定し、ステップ S 5 における充電処理工程へと移行する。
- 10     一方、電池容量算出装置 10 は、電流値  $I$  が負でないものと判定した場合には、ステップ S 4 へと処理を移行し、電流値  $I$  に基づいて、放電中であるか否かを制御回路 13 における演算部 15 によって判定する。電池容量算出装置 10 は、電流値  $I$  が正であるものと判定した場合には、放電中であるものと判定し、ステップ S 6 における放電処理工程へと移行する一方で、電流値  $I$  が正でないものと判定した場合、すなわち、電流値  $I$  が正負いずれでもなく "0" であるものと判定した場合には、ステップ S 7 における休止処理工程へと移行する。

- そして、電池容量算出装置 10 は、ステップ S 5 における充電処理工程、ステップ S 6 における放電処理工程、又はステップ S 7 における休止処理工程のいずれかを終了すると、再度ステップ S 1 からの処理を繰り返す。電池容量算出装置 10 は、このような一連の工程を繰り返すことにより、放電中に電池 1 の残容量及び／又は残電力を算出することができる。
- 20

- 以下では、ステップ S 5 における充電処理工程、ステップ S 6 における放電処理工程、及びステップ S 7 における休止処理工程のそれぞれについて詳細に説明する。
- 25

まず、ステップS 5における充電処理工程について説明する。

電池容量算出装置10は、充電処理工程へと移行すると、第11図に示すように、ステップS 11において、制御回路13における演算部15によって充電容量が所定値以上であるか否かを判定する。例えば、電池容量算出装置10は、充電開始から又は充電の強制終了から500mAh以上充電したか否かを判定する。

ここで、電池容量算出装置10は、充電容量が所定値以上でないものと判定した場合には、そのまま一連の充電処理工程を終了し、第10図中ステップS 1へと処理を移行する。

10 一方、電池容量算出装置10は、充電容量が所定値以上であるものと判定した場合には、第11図中ステップS 12において、制御回路13からスイッチ14に対して制御信号を供給し、充電を強制的に停止させた後、一連の充電処理工程を終了し、第10図中ステップS 1へと処理を移行する。

15 電池容量算出装置10は、このような充電処理工程を経ることにより、充電中に強制的に休止状態を作り出すことができ、これを利用して、上述したように、平衡電圧を推定することが可能となる。

つぎに、ステップS 6における放電処理工程について説明する。

電池容量算出装置10は、放電処理工程へと移行すると、第12図に示すように、ステップS 21において、制御回路13における演算部15によって放電開始直後であるか否かを判定する。

ここで、電池容量算出装置10は、放電開始直後でないものと判定した場合には、ステップS 23へと処理を移行する。一方、電池容量算出装置10は、放電開始直後であるものと判定した場合には、ステップS 22において、電圧測定回路11によって測定した放電開始直前における端子電圧 $V_b$ 及び放電開始直後における端子電圧 $V_a$ 、並びに電流測

定回路 1 2 によって測定された電流値  $I$  に基づくそのときの電流値変化  $\Delta I$  を用いて、制御回路 1 3 における演算部 1 5 によって直流抵抗  $R_{dc}$  ( $= dV_{mea} / dI = (V_b - V_a) / \Delta I$ ) を算出する。なお、このとき、電池容量算出装置 1 0 は、例えば放電開始後 5 秒間といった平均

5 電圧や平均電流値を用いて、直流抵抗  $R_{dc}$  を算出するようにしてもよい。電池容量算出装置 1 0 は、直流抵抗  $R_{dc}$  を算出すると、ステップ S 2 3 へと処理を移行する。

続いて、電池容量算出装置 1 0 は、ステップ S 2 3 において、制御回路 1 3 における演算部 1 5 によって端子電圧  $V_{mea}$  に対して直流抵抗  $R_{dc}$  と電流値  $I$  との積を加算することにより、見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  ( $= V_{mea} + \Delta V_{dc} = V_{mea} + I \cdot R_{dc}$ ) を算出する。

10

続いて、電池容量算出装置 1 0 は、ステップ S 2 4 において、制御回路 1 3 における演算部 1 5 によって記憶部 1 6 に記憶されている平衡電圧曲線  $C_{eq_u}$  を参照し、見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  に対応する見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  を算出し、第 1 0 図中ステップ S 2 にて求めた現在の放電容量  $Q_{mea}$  と見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  との差分である容量ずれ  $\Delta Q$  ( $= Q_{ocv} - Q_{mea}$ ) を算出し、現在の放電容量  $Q_{mea}$  と容量ずれ  $\Delta Q$  とを対応付けて記憶部 1 6 に記憶する。なお、電池容量算出装置 1 0 は、記憶部 1 6 の記憶容量を軽減するために、電圧及び電流を測定する

15

20 毎に、このステップ S 2 4 を行う必要はなく、放電容量が例えば 1 0 m A h 以上増加した場合にのみ行うようにしてもよい。

続いて、電池容量算出装置 1 0 は、第 1 2 図中ステップ S 2 5 において、制御回路 1 3 における記憶部 1 6 に記憶している放電容量  $Q_{mea}$  と容量ずれ  $\Delta Q$  とを、例えば放電容量で過去 5 0 m A h 分だけ演算部 1

25

5 によって読み出し、複数の放電容量  $Q_{mea}$  と容量ずれ  $\Delta Q$  とに基づ

いて、例えば回帰分析を行うことによって放電容量に対する容量ずれの減少率  $dQ$  を算出し、算出した減少率  $dQ$  を記憶部 16 に記憶する。

そして、電池容量算出装置 10 は、ステップ S 26 において、制御回路 13 における演算部 15 によって放電末期に近いかな否かを判定する。

- 5 このとき、電池容量算出装置 10 は、上述したような各種方法を用いて、放電末期に近いかな否かの判定を行うことができるが、ここでは、見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  を、例えば 3.6 V の閾値と比較することにより、放電末期に近いかな否かを判定するものとする。

- 10 電池容量算出装置 10 は、見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  が閾値よりも大きいものと判定した場合には、放電末期でないものと判定し、ステップ S 27 における第 1 の残容量算出工程へと移行する一方で、見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  が閾値以下であるものと判定した場合には、放電末期に近いものと判定し、ステップ S 28 における第 2 の残容量算出工程へと移行する。

- 15 ここで、ステップ S 27 における第 1 の残容量算出工程及びステップ S 28 における第 2 の残容量算出工程について説明する。

まず、第 1 の残容量算出工程について説明する。

- 20 電池容量算出装置 10 は、第 1 の残容量算出工程へと移行すると、第 13 図に示すように、ステップ S 31 において、制御回路 13 における演算部 15 によって記憶部 16 に記憶されている平衡電圧曲線  $C_{equ}$  を参照し、現在の放電容量  $Q_{mea}$  に対応する平衡電圧  $V_{equ}$  を算出し、算出した平衡電圧  $V_{equ}$  と現在の端子電圧  $V_{mea}$  との差分である電圧降下  $\Delta V (= V_{equ} - V_{mea})$  を算出する。

- 25 続いて、電池容量算出装置 10 は、ステップ S 32 において、各種パラメータをリセットして初期化する。具体的には、電池容量算出装置 1

0 は、残容量  $Q_r$  及び残電力  $W_r$  を "0" にセットするとともに、計算容量  $Q_c$  として現在の放電容量  $Q_{mea}$  をセットする。

続いて、電池容量算出装置 10 は、ステップ S 33 において、制御回路 13 における演算部 15 によって計算容量  $Q_c$  に対して例えば 1 mA h といった所定量の容量刻み  $\Delta Q_c$  を加算し、計算容量  $Q_c$  を更新する。

続いて、電池容量算出装置 10 は、ステップ S 34 において、制御回路 13 における演算部 15 によって記憶部 16 に記憶されている平衡電圧曲線  $C_{eq_u}$  を参照し、ステップ S 33 にて更新した計算容量  $Q_c$  に対応する平衡電圧  $V_{eq_u}$  を算出し、算出した平衡電圧  $V_{eq_u}$  からステップ S 31 にて算出した電圧降下  $\Delta V$  を減算することにより、予測電圧  $V_{pre}$  ( $= V_{eq_u} - \Delta V$ ) を算出する。これにより、電池容量算出装置 10 は、将来における放電曲線  $C_{pre}$  を予測することができる。

そして、電池容量算出装置 10 は、ステップ S 35 において、制御回路 13 における演算部 15 によって予測電圧  $V_{pre}$  を放電停止電圧  $V_{cut}$  ( $= 3.0 V$ ) と比較し、予測電圧  $V_{pre}$  が放電停止電圧  $V_{cut}$  よりも大きいかな否かを判定する。

ここで、電池容量算出装置 10 は、予測電圧  $V_{pre}$  が放電停止電圧  $V_{cut}$  よりも大きいものと判定した場合には、ステップ S 36 へと処理を移行し、制御回路 13 における演算部 15 によってそのときまでの残容量  $Q_r$  に対して容量刻み  $\Delta Q_c$  を加算するとともに、そのときまでの残電力  $W_r$  に対して容量刻み  $\Delta Q_c$  と平衡電圧  $V_{eq_u}$  との積を加算し、ステップ S 33 からの処理を繰り返す。

一方、電池容量算出装置 10 は、予測電圧  $V_{pre}$  が放電停止電圧  $V_{cut}$  以下であるものと判定した場合には、ステップ S 37 において、そのときまでの残容量  $Q_r$  と残電力  $W_r$  とを出力して制御回路 13 における記憶部 16 に記憶し、また、必要に応じて、通信部 17 を介して残容

量 $Q_r$ と残電力 $W_r$ とを電子機器20に対して送信し、一連の第1の残容量算出工程を終了する。

- このように、電池容量算出装置10は、放電末期でないものと判定した場合には、現在の平衡電圧 $V_{eq_u}$ と端子電圧 $V_{me_a}$ との差分である電
- 5 圧降下 $\Delta V$ を算出し、平衡電圧 $V_{eq_u}$ から電圧降下 $\Delta V$ を減算して予測電圧 $V_{p_r_e}$ を算出することにより、将来における放電曲線 $C_{p_r_e}$ を予測することができ、残容量 $Q_r$ 及び残電力 $W_r$ を算出することができる。なお、電池容量算出装置10は、残容量 $Q_r$ と残電力 $W_r$ とを逐次的に算出するが、これら残容量 $Q_r$ と残電力 $W_r$ とを電子機器20に対して
- 10 逐次送信するのではなく、制御回路13における演算部15によって過去数回分の平均値を算出し、この平均値を通信部17を介して電子機器20に対して送信するようにしてもよい。

つぎに、第2の残容量算出工程について説明する。

- 電池容量算出装置10は、第2の残容量算出工程へと移行すると、第
- 15 14図に示すように、ステップS41において、制御回路13における演算部15によって端子電圧 $V_{me_a}$ に対して直流抵抗 $R_{dc}$ と電流値 $I$ との積を加算することにより、現在の放電容量 $Q_{me_a}$ における見かけ上の平衡電圧 $V_{oc_v}$  ( $=V_{me_a} + \Delta V_{dc} = V_{me_a} + I \cdot R_{dc}$ ) を算出する。
- 20 続いて、電池容量算出装置10は、ステップS42において、制御回路13における演算部15によって記憶部16に記憶されている平衡電圧曲線 $C_{eq_u}$ を参照し、見かけ上の平衡電圧 $V_{oc_v}$ に対応する見かけ上の放電容量 $Q_{oc_v}$ を算出する。

- 続いて、電池容量算出装置10は、ステップS43において、各種パラメータをリセットして初期化する。具体的には、電池容量算出装置1
- 25

0 は、残容量  $Q_r$  及び残電力  $W_r$  を "0" にセットするとともに、計算容量  $Q_c$  として現在の見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  をセットする。

- 続いて、電池容量算出装置 10 は、ステップ S 4 4 において、制御回路 1 3 における演算部 1 5 によって計算容量  $Q_c$  に対して例えば 1 mA h といった所定量の容量刻み  $\Delta Q_c$  を加算し、計算容量  $Q_c$  を更新する。

- 続いて、電池容量算出装置 10 は、ステップ S 4 5 において、制御回路 1 3 における演算部 1 5 によって記憶部 1 6 に記憶されている平衡電圧曲線  $C_{eqv}$  を参照し、ステップ S 4 4 にて更新した計算容量  $Q_c$  に対応する見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  を算出し、算出した見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  から直流抵抗  $R_{dc}$  による電圧降下を減算することにより、予測電圧  $V_{pre} (= V_{ocv} - R_{dc} \times I)$  を算出する。これにより、電池容量算出装置 10 は、放電末期における放電曲線  $C_{pre}$  を予測することができる。

- そして、電池容量算出装置 10 は、ステップ S 4 6 において、制御回路 1 3 における演算部 1 5 によって予測電圧  $V_{pre}$  を放電停止電圧  $V_{cut} (= 3.0 \text{ V})$  と比較し、予測電圧  $V_{pre}$  が放電停止電圧  $V_{cut}$  よりも大きいかな否かを判定する。

- ここで、電池容量算出装置 10 は、予測電圧  $V_{pre}$  が放電停止電圧  $V_{cut}$  よりも大きいものと判定した場合には、ステップ S 4 7 へと処理を移行し、制御回路 1 3 における演算部 1 5 によってそのときまでの残容量  $Q_r$  に対して  $\Delta Q_c / (1 - dQ)$  を加算するとともに、そのときまでの残電力  $W_r$  に対して  $\Delta Q_c / (1 - dQ)$  と予測電圧  $V_{pre}$  との積を加算し、ステップ S 4 4 からの処理を繰り返す。

- 一方、電池容量算出装置 10 は、予測電圧  $V_{pre}$  が放電停止電圧  $V_{cut}$  以下であるものと判定した場合には、ステップ S 4 8 において、そのときまでの残容量  $Q_r$  と残電力  $W_r$  とを出力して制御回路 1 3 におけ

る記憶部 16 に記憶し、また、必要に応じて、通信部 17 を介して残容量  $Q_r$  と残電力  $W_r$  とを電子機器 20 に対して送信し、一連の第 2 の残容量算出工程を終了する。

- このように、電池容量算出装置 10 は、放電末期に近いものと判定した場合には、現在の放電容量  $Q_{mea}$  における見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  と放電容量  $Q_{ocv}$  とを算出し、見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  から直流抵抗  $R_{dc}$  による電圧降下を減算して予測電圧  $V_{pre}$  を算出することにより、将来における放電曲線  $C_{pre}$  を予測することができ、現在の容量ずれ  $\Delta Q_{mea}$  と容量ずれの減少率  $dQ$  とに基づいて、残容量  $Q_r$  及び残電力  $W_r$  を算出することができる。なお、電池容量算出装置 10 は、残容量  $Q_r$  と残電力  $W_r$  とを逐次的に算出するが、これら残容量  $Q_r$  と残電力  $W_r$  とを電子機器 20 に対して逐次送信するのではなく、上述したように、制御回路 13 における演算部 15 によって過去数回分の平均値を算出し、この平均値を通信部 17 を介して電子機器 20 に対して送信するようにしてもよい。

- 電池容量算出装置 10 は、第 12 図に示した放電処理工程において、放電末期に近いか否かの判定に応じて、これら第 1 の残容量算出工程又は第 2 の残容量算出工程を切り替えて行う。電池容量算出装置 10 は、これらステップ S27 における第 1 の残容量算出工程又はステップ S28 における第 2 の残容量算出工程を経た後、一連の放電処理工程を終了し、第 10 図中ステップ S1 へと処理を移行する。

- 電池容量算出装置 10 は、このような放電処理工程を経ることにより、放電中に残容量  $Q_r$  及び残電力  $W_r$  を算出することができる。特に、電池容量算出装置 10 は、放電末期では第 2 の残容量算出工程へと移行することにより、極めて正確に残容量  $Q_r$  及び残電力  $W_r$  を算出することができる。



最後に、ステップS 7における休止処理工程について説明する。

電池容量算出装置 10 は、休止処理工程へと移行すると、第 15 図に示すように、ステップS 5 1において、制御回路 13における演算部 15によって現在の状態が強制的に休止された強制休止状態であるか通常の休止状態であるかを判定する。

ここで、電池容量算出装置 10 は、通常の休止状態であるものと判定した場合には、ステップS 5 2において、制御回路 13における演算部 15によって端子電圧 $V_{mea}$ が安定しているか否かを判定する。具体的には、電池容量算出装置 10 は、休止状態が例えば30分以上といった所定時間以上継続しているか否かによって端子電圧 $V_{mea}$ が安定しているか否かを判定する。電池容量算出装置 10 は、端子電圧 $V_{mea}$ が安定していないものと判定した場合には、そのまま一連の休止処理工程を終了し、第 10 図中ステップS 1へと処理を移行する。一方、電池容量算出装置 10 は、端子電圧 $V_{mea}$ が安定しているものと判定した場合には、第 15 図中ステップS 5 3において、そのときの端子電圧 $V_{mea}$ を平衡電圧 $V_{eq}$ として電圧測定回路 11によって測定し、この平衡電圧 $V_{eq}$ を現在の放電容量 $Q_{mea}$ と対応付けて制御回路 13における記憶部 16に記憶し、ステップS 5 8へと処理を移行する。

一方、電池容量算出装置 10 は、ステップS 5 1にて強制休止状態であるものと判定した場合には、ステップS 5 4において、電圧測定回路 11によって測定した端子電圧 $V_{mea}$ を逐次的に制御回路 13における記憶部 16に記憶し、ステップS 5 5において、演算部 15によって強制休止状態が継続している時間を判定する。

ここで、電池容量算出装置 10 は、強制休止状態が継続している時間が例えば1分といった所定時間 $t$ 未満であるものと判定した場合には、そのまま一連の休止処理工程を終了し、第 10 図中ステップS 1へと処

理を移行する。一方、電池容量算出装置 10 は、強制休止状態が継続している時間が所定時間  $t$  以上であるものと判定した場合には、ステップ S 5 6 において、制御回路 13 における記憶部 16 に記憶してある端子電圧  $V_{mea}$  の時間変化に基づいて、演算部 15 によって平衡電圧  $V_{equ}$  を推定し、この平衡電圧  $V_{equ}$  をそのときの放電容量  $Q_{mea}$  と対応付けて記憶部 16 に記憶する。

そして、電池容量算出装置 10 は、ステップ S 5 7 において、制御回路 13 からスイッチ 14 に対して制御信号を供給し、充電を再開させる。

続いて、電池容量算出装置 10 は、ステップ S 5 8 において、制御回路 13 における記憶部 16 に記憶されている平衡電圧  $V_{equ}$  の個数を判定する。

ここで、電池容量算出装置 10 は、平衡電圧  $V_{equ}$  の個数が 2 個未満であるものと判定した場合には、そのまま一連の休止処理工程を終了し、第 10 図中ステップ S 1 へと処理を移行する。一方、電池容量算出装置 10 は、平衡電圧  $V_{equ}$  の個数が 2 個以上であるものと判定した場合には、制御回路 13 における演算部 15 によってそのときの平衡電圧曲線  $C_{equ}$  における収縮比  $S$  を算出して一連の休止処理工程を終了し、第 10 図中ステップ S 1 へと処理を移行する。例えば、電池容量算出装置 10 は、先に第 7 図に示したように、求められている平衡電圧が  $V_1$ 、 $V_2$  であり、これら平衡電圧  $V_1$ 、 $V_2$  に対応する放電容量が  $Q_1$ 、 $Q_2$

( $Q_2 > Q_1$ ) であるものとする、制御回路 13 における演算部 15 によって記憶部 16 に記憶されている初期電池の平衡電圧曲線を参照し、平衡電圧  $V_1$ 、 $V_2$  となる放電容量  $Q_{in11}$ 、 $Q_{in12}$  を求め、収縮比  $S$  を、 $(Q_2 - Q_1) / (Q_{in12} - Q_{in11})$  として算出する。

電池容量算出装置 10 は、このような休止処理工程を経ることにより、平衡電圧  $V_{equ}$  を求めることができ、これを利用して、上述したように、

現在の状態における劣化電池の平衡電圧曲線を正確に求めることができる。

以上説明したように、本発明の実施の形態として示す電池容量算出方法においては、放電中の端子電圧  $V_{mea}$  と電流値  $I$  とを測定し、容量ず  
5 れ  $\Delta Q$  を算出することにより、放電末期を含む将来における放電曲線  
を放電中に予測することができ、残容量及び／又は残電力を算出することが  
できる。特に、電池容量算出方法においては、従来では略完全に放  
電してはじめて算出が可能であった放電末期における正確な残容量を、  
温度や電池の劣化状態といった環境条件によらず、放電しきる以前に予  
10 測することができる。

したがって、電池容量算出方法においては、電池の容量を略完全に使い  
切ることができ、電子機器の実使用時間を長くすることができる。

また、電池容量算出方法においては、従来では特に劣化した電池の容  
量を略完全に使用することができないことに起因して生じていた電池の  
15 劣化を軽減することができ、電池の寿命を延ばすことができる。

さらに、電池容量算出方法においては、電池を略完全に実使用環境下  
で放電させることができることから、その時点からの満充電までの充電  
容量を測定することにより、電池がいかなる劣化品であったとしても、  
正確な満充電容量を算出することができる。その結果、電池容量算出方  
20 法においては、電池の劣化度合いを正確に捉えることができるようにな  
り、これにより、電池の利用者に対して当該電池の交換時期を正確に明  
示することが可能となる。

なお、本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではない。例  
えば、上述した実施の形態では、電池の例として、リチウムイオン二次  
25 電池を採り上げて説明したが、本発明は、任意の様々な二次電池に適用  
することができるものである。

また、上述した実施の形態では、電池容量算出装置 10 による測定対象としての電池が 1 個であるかのように説明したが、本発明は、互いに直列に接続された複数の電池や、互いに並列に接続された複数の電池、さらには、これらが組み合わされた複数の電池に対しても適用することができる。この場合、残容量の算出にあたっては、各電池の端子電圧及び電流値を測定し、各電池の残容量を算出するのが望ましいが、組電池全体の端子電圧及び電流値を測定し、組電池全体の残容量を算出するようにしてもよい。

さらに、上述した実施の形態では、電池容量算出方法を適用した具体的な装置としての電池容量算出装置 10 について説明したが、本発明は、電子機器が例えばパーソナルコンピュータ等である場合には、この電子機器によって実行可能なプログラムとして実現することもできる。この場合、このプログラムは、電子機器に対してプリインストールされて提供されてもよく、例えば CD-ROM (Compact Disc-Read Only Memory) 等の各種記録媒体に記録された状態で頒布されてもよく、また、所定の通信回線を介して頒布されてもよい。

このように、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能であることはいうまでもない。

以上詳細に説明したように、本発明にかかる電池容量算出方法、電池容量算出装置、及び電池容量算出プログラムは、それぞれ、放電時における端子電圧  $V_{mea}$  と電流値  $I$  とを逐次測定し、この端子電圧  $V_{mea}$  と電流値  $I$  とに基づいて、放電容量  $Q_{mea}$  と見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  とを算出し、これらの差分である容量ずれ  $\Delta Q$  に基づいて、放電末期を含む将来における放電曲線  $C_{pre}$  を放電中に予測することにより、従来では略完全に放電してはじめて算出が可能であった残容量及び／又は残

電力を、いかなる環境条件であっても放電中に正確に求めることができる。

- したがって、本発明にかかる電池容量算出方法、電池容量算出装置、及び電池容量算出プログラムは、それぞれ、二次電池の容量を略完全に
- 5 使い切ることができることから、この二次電池を電源とする電子機器の実使用時間を長くすることができ、二次電池の劣化を軽減して寿命を延ばすことができる。

## 請求の範囲

1. 二次電池の残容量及び／又は残電力を算出する電池容量算出方法であって、
- 5 上記二次電池における放電容量と平衡電圧との関係を示す平衡電圧曲線  $C_{eq}$  を算出する平衡電圧曲線算出工程と、
- 放電時における上記二次電池の端子電圧  $V_{mea}$  と電流値  $I$  とを測定する電圧・電流測定工程と、
- 上記電圧・電流測定工程にて測定した上記端子電圧  $V_{mea}$  及び上記電
- 10 流値  $I$  に基づいて、上記二次電池の放電容量  $Q_{mea}$  を算出する放電容量算出工程と、
- 上記端子電圧  $V_{mea}$  に対して直流抵抗  $R_{dc}$  による電圧降下  $\Delta V_{dc}$  を加算して見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  を算出する見かけ上の平衡電圧算出工程と、
- 15 上記平衡電圧曲線算出工程にて算出した上記平衡電圧曲線  $C_{eq}$  に基づいて、上記平衡電圧算出工程にて算出した上記見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  に対応する見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  を算出する見かけ上の放電容量算出工程と、
- 上記放電容量  $Q_{mea}$  と上記見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  との差分である
- 20 容量ずれ  $\Delta Q$  を算出する容量ずれ算出工程と、
- 上記容量ずれ算出工程にて算出した上記容量ずれ  $\Delta Q$  に基づいて、将来における放電曲線  $C_{pre}$  を予測する予測工程とを備えることを特徴とする電池容量算出方法。
2. 上記予測工程では、放電末期に近い場合には、上記放電容量算出
- 25 工程にて算出した上記放電容量  $Q_{mea}$  と上記容量ずれ算出工程にて算出した上記容量ずれ  $\Delta Q$  とに基づいて、放電容量に対する容量ずれの減

少率  $dQ$  が算出され、上記容量ずれ  $\Delta Q$  と上記減少率  $dQ$  とに基づいて、将来における放電曲線  $C_{pre}$  が予測されること

を特徴とする請求の範囲第 1 項記載の電池容量算出方法。

3. 上記容量ずれ  $\Delta Q$  は、放電末期に近い場合には、上記放電容量  $Q_{mea}$  の 1 次関数で表されることを特徴とする請求の範囲第 2 項記載の電池容量算出方法。

4. 上記予測工程では、放電末期でない場合には、上記平衡電圧曲線  $C_{equ}$  に基づいて、上記放電容量  $Q_{mea}$  に対応する平衡電圧  $V_{equ}$  が算出され、上記平衡電圧  $V_{equ}$  と上記端子電圧  $V_{mea}$  との差分である電圧降下  $\Delta V$  に基づいて、将来における放電曲線  $C_{pre}$  が予測されることを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の電池容量算出方法。

5. 上記予測工程では、上記平衡電圧曲線  $C_{equ}$  から上記電圧降下  $\Delta V$  が差し引かれることによって上記放電曲線  $C_{pre}$  が予測されることを特徴とする請求の範囲第 4 項記載の電池容量算出方法。

6. 上記予測工程では、上記電圧降下  $\Delta V$  に代えて、現在までの最大負荷に対応する最大電圧降下  $\Delta V_{max}$  が用いられて上記放電曲線  $C_{pre}$  が予測されること

を特徴とする請求の範囲第 4 項記載の電池容量算出方法。

7. 上記予測工程にて予測した上記放電曲線  $C_{pre}$  に基づいて、上記二次電池の残容量及び／又は残電力を算出する残容量・残電力算出工程を備えること

を特徴とする請求の範囲第 1 項記載の電池容量算出方法。

8. 上記見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  に基づいて、放電末期に近いかなかの判定を行い、判定結果に応じて、上記放電曲線  $C_{pre}$  の予測方法を切り替える切替工程を備えること

を特徴とする請求の範囲第 1 項記載の電池容量算出方法。

9. 上記切替工程では、上記見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  が所定の閾値と比較され、放電末期に近いかな否かの判定が行われること  
を特徴とする請求の範囲第 8 項記載の電池容量算出方法。
10. 上記見かけ上の平衡電圧算出工程では、電流変化に応じた電圧  
5 変化に基づいて、上記直流抵抗  $R_{dc}$  が算出されること  
を特徴とする請求の範囲第 1 項記載の電池容量算出方法。
11. 上記見かけ上の平衡電圧算出工程では、平均電圧及び平均電流  
値に基づいて、上記直流抵抗  $R_{dc}$  が算出されること  
を特徴とする請求の範囲第 1 項記載の電池容量算出方法。
- 10 12. 上記平衡電圧曲線算出工程では、少なくとも 2 点の平衡電圧と  
これら平衡電圧間の容量とに基づいて、上記平衡電圧曲線  $C_{eq}$  が算出  
されること  
を特徴とする請求の範囲第 1 項記載の電池容量算出方法。
- 15 13. 上記平衡電圧曲線算出工程では、少なくとも 2 点の平衡電圧と  
これら平衡電圧間の容量とに基づいて、上記二次電池の満充電容量を劣  
化していない初期電池の満充電容量で除算した商で表される収縮比  $S$  が  
算出されること  
を特徴とする請求の範囲第 1 2 項記載の電池容量算出方法。
- 20 14. 上記平衡電圧曲線算出工程では、充電を強制的に停止してその  
後の電圧変化から平衡電圧が求められること  
を特徴とする請求の範囲第 1 項記載の電池容量算出方法。
- 15 15. 上記残容量・残電力算出工程では、算出した上記残容量及び／  
又は上記残電力が、上記二次電池を電源とする電子機器に対して伝達さ  
れること
- 25 上記残容量・残電力算出工程では、算出した上記残容量及び／  
又は上記残電力が、上記二次電池を電源とする電子機器に対して伝達さ  
れること  
を特徴とする請求の範囲第 1 項記載の電池容量算出方法。



16. 二次電池の残容量及び／又は残電力を算出する電池容量算出装置であって、

放電時における上記二次電池の端子電圧  $V_{mea}$  を測定する電圧測定手段と、

- 5 放電時における上記二次電池の電流値  $I$  を測定する電流測定手段と、  
上記二次電池の残容量及び／又は残電力を算出する演算処理手段とを  
備え、

- 上記演算処理手段は、上記二次電池における放電容量と平衡電圧との  
関係を示す平衡電圧曲線  $C_{eq}$  を算出し、上記電圧測定手段によって測  
10 定した上記端子電圧  $V_{mea}$  及び上記電流測定手段によって測定した上記  
電流値  $I$  に基づいて、上記二次電池の放電容量  $Q_{mea}$  を算出し、上記端  
子電圧  $V_{mea}$  に対して直流抵抗  $R_{dc}$  による電圧降下  $\Delta V_{dc}$  を加算して  
見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  を算出し、上記平衡電圧曲線  $C_{eq}$  に基づい  
て、上記見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  に対応する見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$   
15  $Q_{ocv}$  を算出し、上記放電容量  $Q_{mea}$  と上記見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  との  
差分である容量ずれ  $\Delta Q$  を算出し、上記容量ずれ  $\Delta Q$  に基づいて、将  
来における放電曲線  $C_{pre}$  を予測すること

を特徴とする電池容量算出装置。

17. 上記演算処理手段は、放電末期に近い場合には、上記放電容量  
20  $Q_{mea}$  と上記容量ずれ  $\Delta Q$  とに基づいて、放電容量に対する容量ずれ  
の減少率  $dQ$  を算出し、上記容量ずれ  $\Delta Q$  と上記減少率  $dQ$  とに基づ  
いて、将来における放電曲線  $C_{pre}$  を予測すること

を特徴とする請求の範囲第16項記載の電池容量算出装置。

18. 上記容量ずれ  $\Delta Q$  は、放電末期に近い場合には、上記放電容量  
25  $Q_{mea}$  の1次関数で表されること

を特徴とする請求の範囲第17項記載の電池容量算出装置。

19. 上記演算処理手段は、放電末期でない場合には、上記平衡電圧曲線  $C_{eq_u}$  に基づいて、上記放電容量  $Q_{me_a}$  に対応する平衡電圧  $V_{eq_u}$  を算出し、上記平衡電圧  $V_{eq_u}$  と上記端子電圧  $V_{me_a}$  との差分である電圧降下  $\Delta V$  に基づいて、将来における放電曲線  $C_{p_r_e}$  を予測すること
- 5      を特徴とする請求の範囲第16項記載の電池容量算出装置。
20. 上記演算処理手段は、上記平衡電圧曲線  $C_{eq_u}$  から上記電圧降下  $\Delta V$  を差し引くことによって上記放電曲線  $C_{p_r_e}$  を予測すること
- を特徴とする請求の範囲第19項記載の電池容量算出装置。
21. 上記演算処理手段は、上記電圧降下  $\Delta V$  に代えて、現在までの
- 10    最大負荷に対応する最大電圧降下  $\Delta V_{max}$  を用いて上記放電曲線  $C_{p_r_e}$  を予測すること
- を特徴とする請求の範囲第19項記載の電池容量算出装置。
22. 上記演算処理手段は、予測した上記放電曲線  $C_{p_r_e}$  に基づいて、上記二次電池の残容量及び／又は残電力を算出すること
- 15    を特徴とする請求の範囲第16項記載の電池容量算出装置。
23. 上記演算処理手段は、上記見かけ上の平衡電圧  $V_{oc_v}$  に基づいて、放電末期に近いかな否かの判定を行い、判定結果に応じて、上記放電曲線  $C_{p_r_e}$  の予測方法を切り替えること
- を特徴とする請求の範囲第16項記載の電池容量算出装置。
- 20    24. 上記演算処理手段は、上記見かけ上の平衡電圧  $V_{oc_v}$  を所定の閾値と比較し、放電末期に近いかな否かの判定を行うこと
- を特徴とする請求の範囲第23項記載の電池容量算出装置。
25. 上記演算処理手段は、電流変化に応じた電圧変化に基づいて、上記直流抵抗  $R_{dc}$  を算出すること
- 25    を特徴とする請求の範囲第16項記載の電池容量算出装置。

26. 上記演算処理手段は、平均電圧及び平均電流値に基づいて、上記直流抵抗  $R_{dc}$  を算出すること

を特徴とする請求の範囲第16項記載の電池容量算出装置。

27. 上記演算処理手段は、少なくとも2点の平衡電圧とこれら平衡  
5 電圧間の容量とに基づいて、上記平衡電圧曲線  $C_{eq_u}$  を算出すること

を特徴とする請求の範囲第16項記載の電池容量算出装置。

28. 上記演算処理手段は、少なくとも2点の平衡電圧とこれら平衡電圧間の容量とに基づいて、上記二次電池の満充電容量を劣化していない初期電池の満充電容量で除算した商で表される収縮比  $S$  を算出するこ

10 と

を特徴とする請求の範囲第27項記載の電池容量算出装置。

29. 上記演算処理手段は、充電を強制的に停止してその後の電圧変化から平衡電圧を求めること

を特徴とする請求の範囲第16項記載の電池容量算出装置。

15 30. 上記演算処理手段によって算出した上記残容量及び／又は上記残電力を、上記二次電池を電源とする電子機器に対して伝達する伝達手段を備えること

を特徴とする請求の範囲第16項記載の電池容量算出装置。

31. 二次電池の残容量及び／又は残電力を算出するコンピュータ実  
20 行可能な電池容量算出プログラムであって、

上記二次電池における放電容量と平衡電圧との関係を示す平衡電圧曲線  $C_{eq_u}$  を算出する平衡電圧曲線算出処理と、

放電時における上記二次電池の端子電圧  $V_{me_a}$  と電流値  $I$  とを測定する電圧・電流測定処理と、

上記電圧・電流測定処理にて測定した上記端子電圧  $V_{mea}$  及び上記電流値  $I$  に基づいて、上記二次電池の放電容量  $Q_{mea}$  を算出する放電容量算出処理と、

- 上記端子電圧  $V_{mea}$  に対して直流抵抗  $R_{dc}$  による電圧降下  $\Delta V_{dc}$  を  
5 加算して見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  を算出する見かけ上の平衡電圧算出処理と、

- 上記平衡電圧曲線算出処理にて算出した上記平衡電圧曲線  $C_{equ}$  に基づいて、上記平衡電圧算出処理にて算出した上記見かけ上の平衡電圧  $V_{ocv}$  に対応する見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  を算出する見かけ上の放電容量算出処理と、  
10

上記放電容量  $Q_{mea}$  と上記見かけ上の放電容量  $Q_{ocv}$  との差分である容量ずれ  $\Delta Q$  を算出する容量ずれ算出処理と、

上記容量ずれ算出処理にて算出した上記容量ずれ  $\Delta Q$  に基づいて、将来における放電曲線  $C_{pre}$  を予測する予測処理とを備えること

- 15 を特徴とする電池容量算出プログラム。

1/10

Fig.1

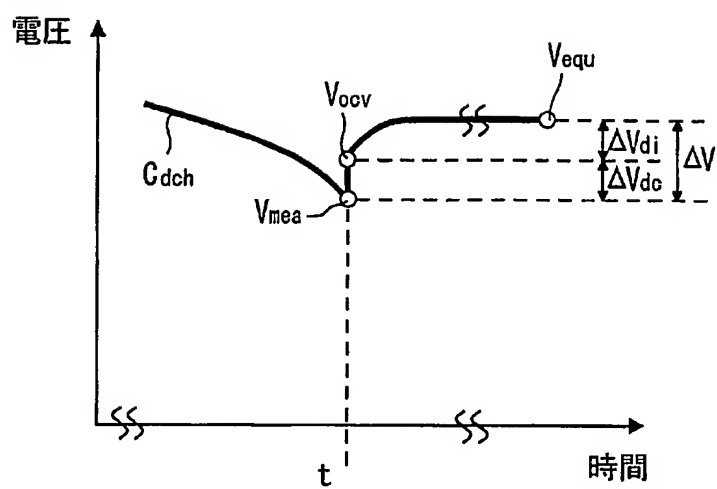
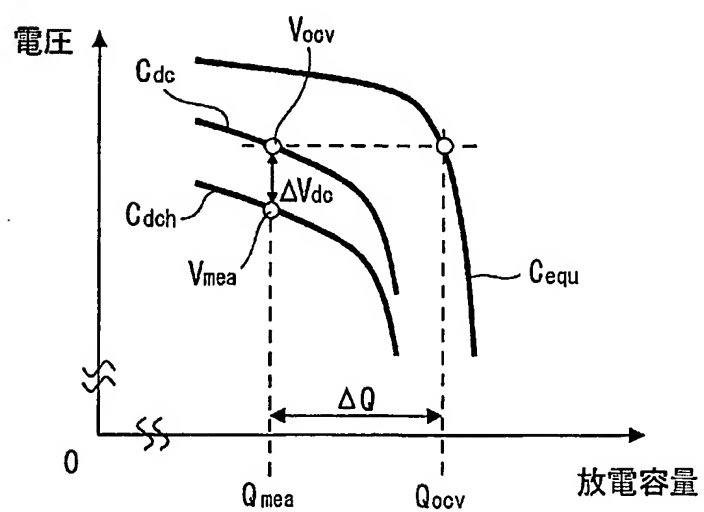


Fig.2



2/10

Fig.3

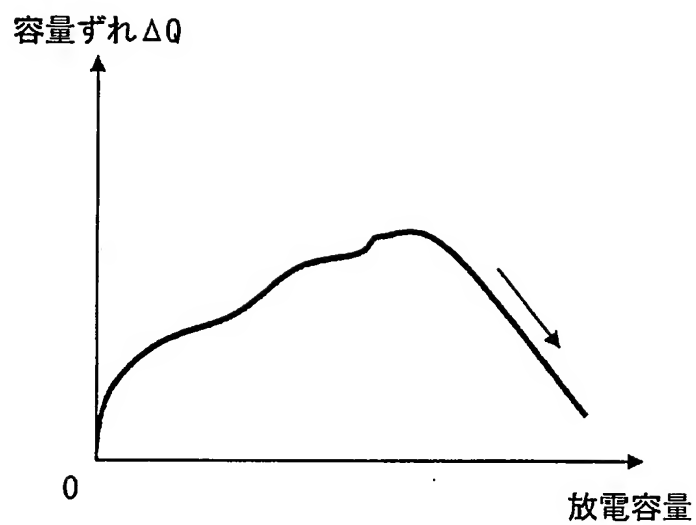
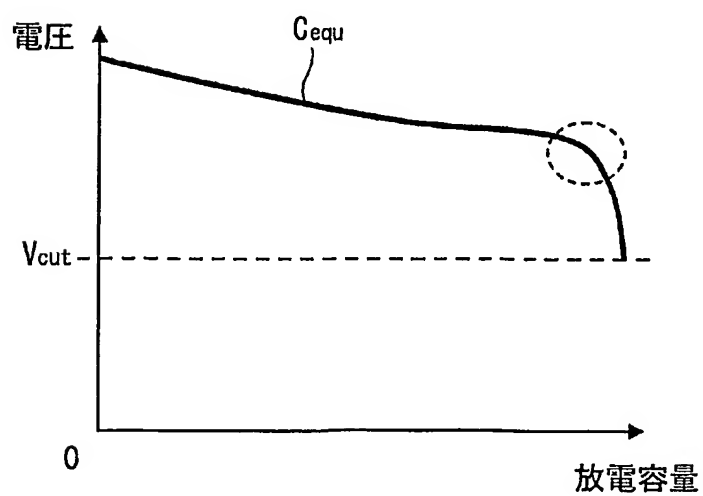


Fig.4



3/10

Fig.5

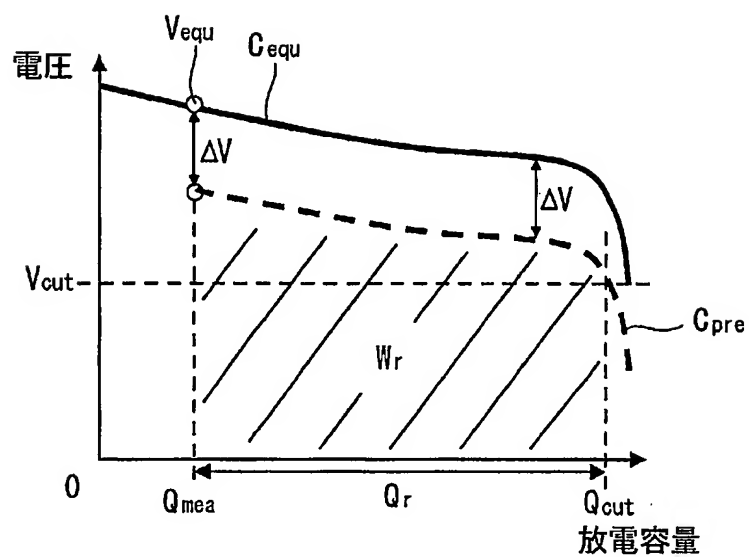
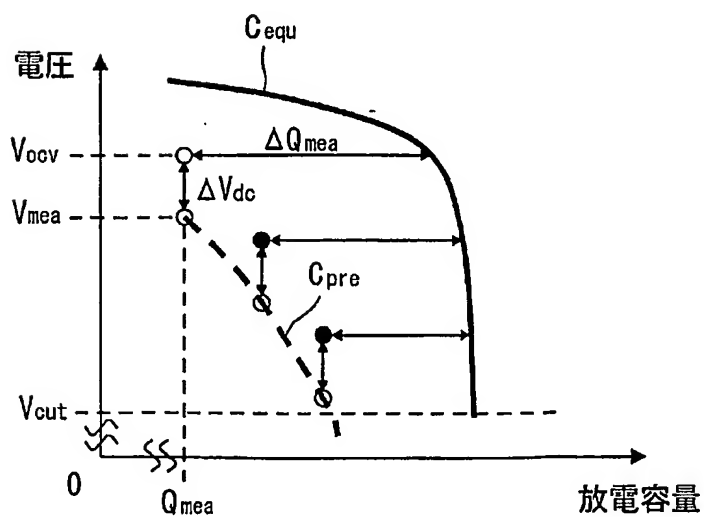


Fig.6



4/10

Fig.7

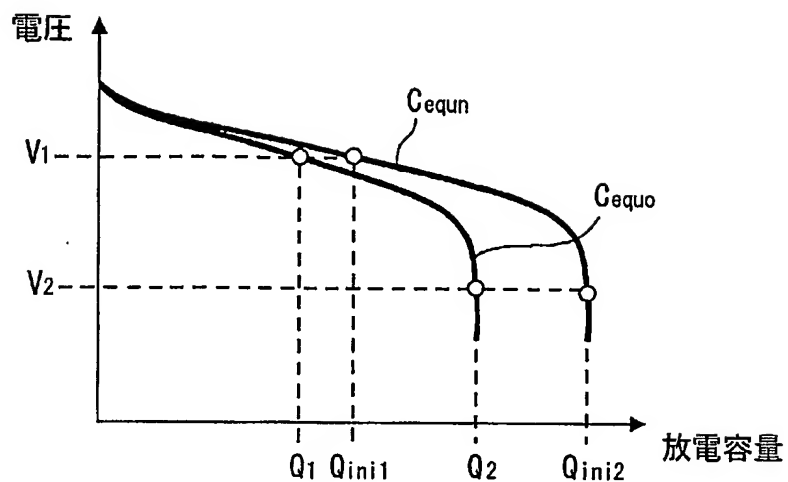
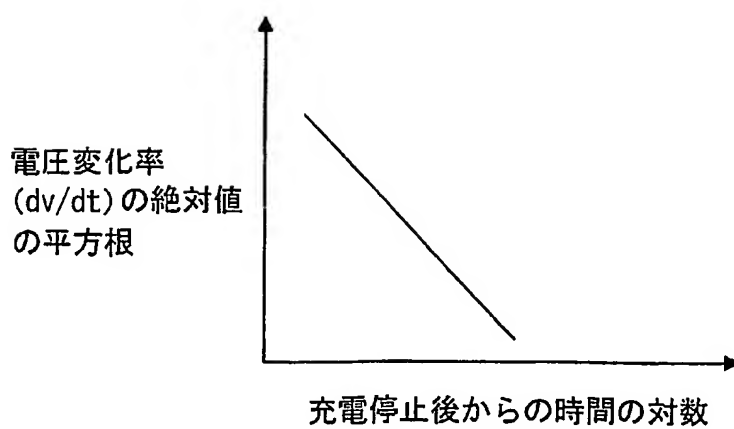


Fig.8





5/10

Fig.9

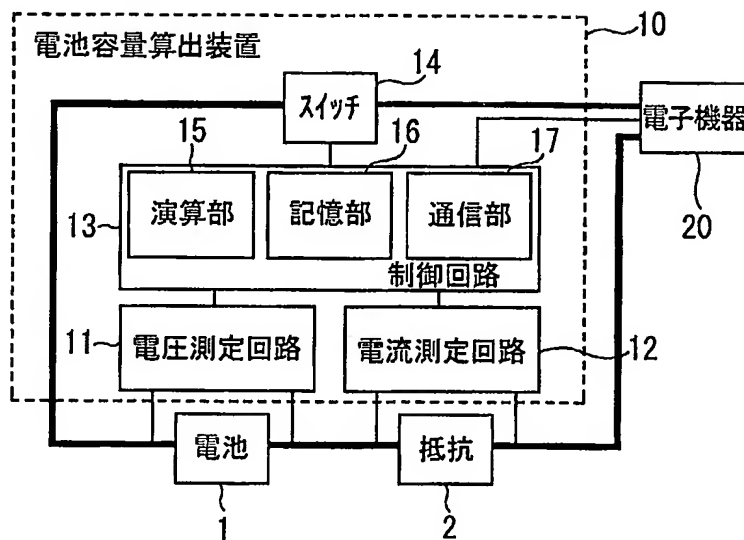
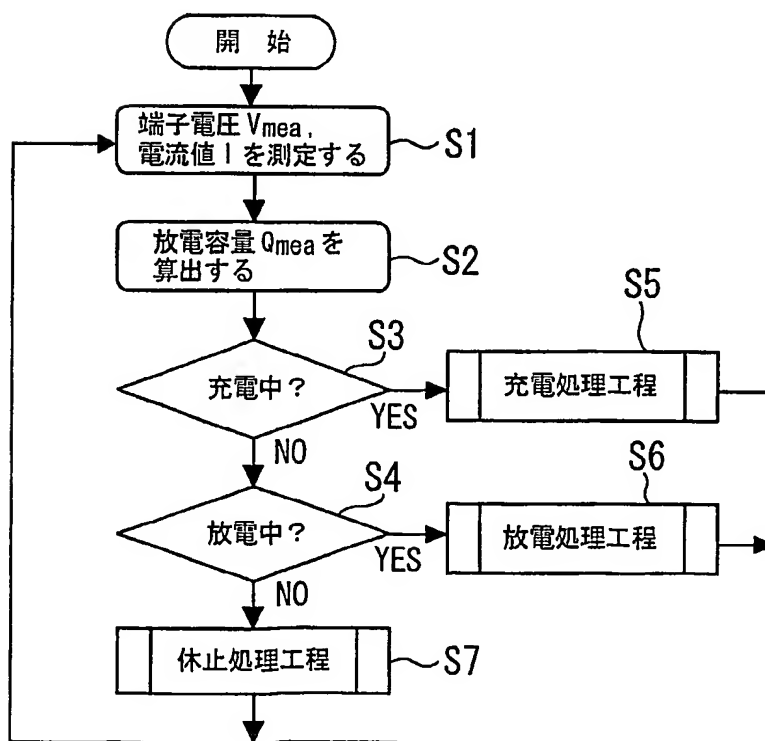


Fig.10



6/10

Fig.11

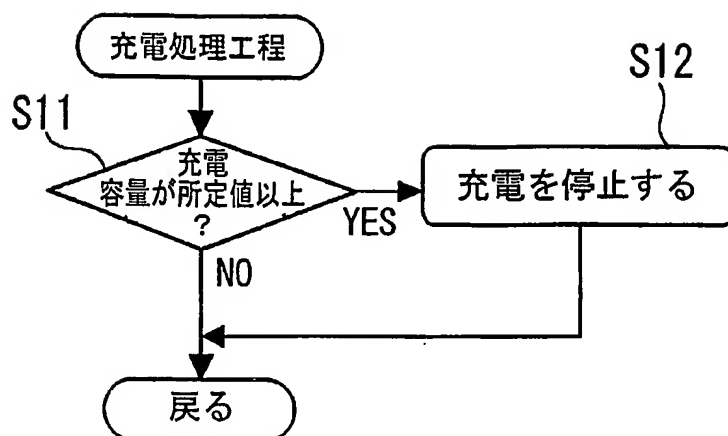
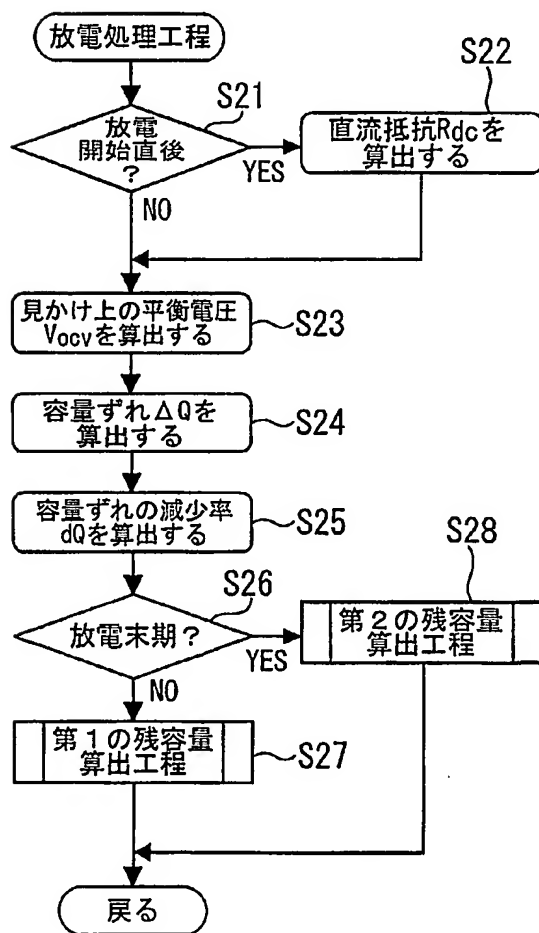


Fig.12



7/10

Fig.13

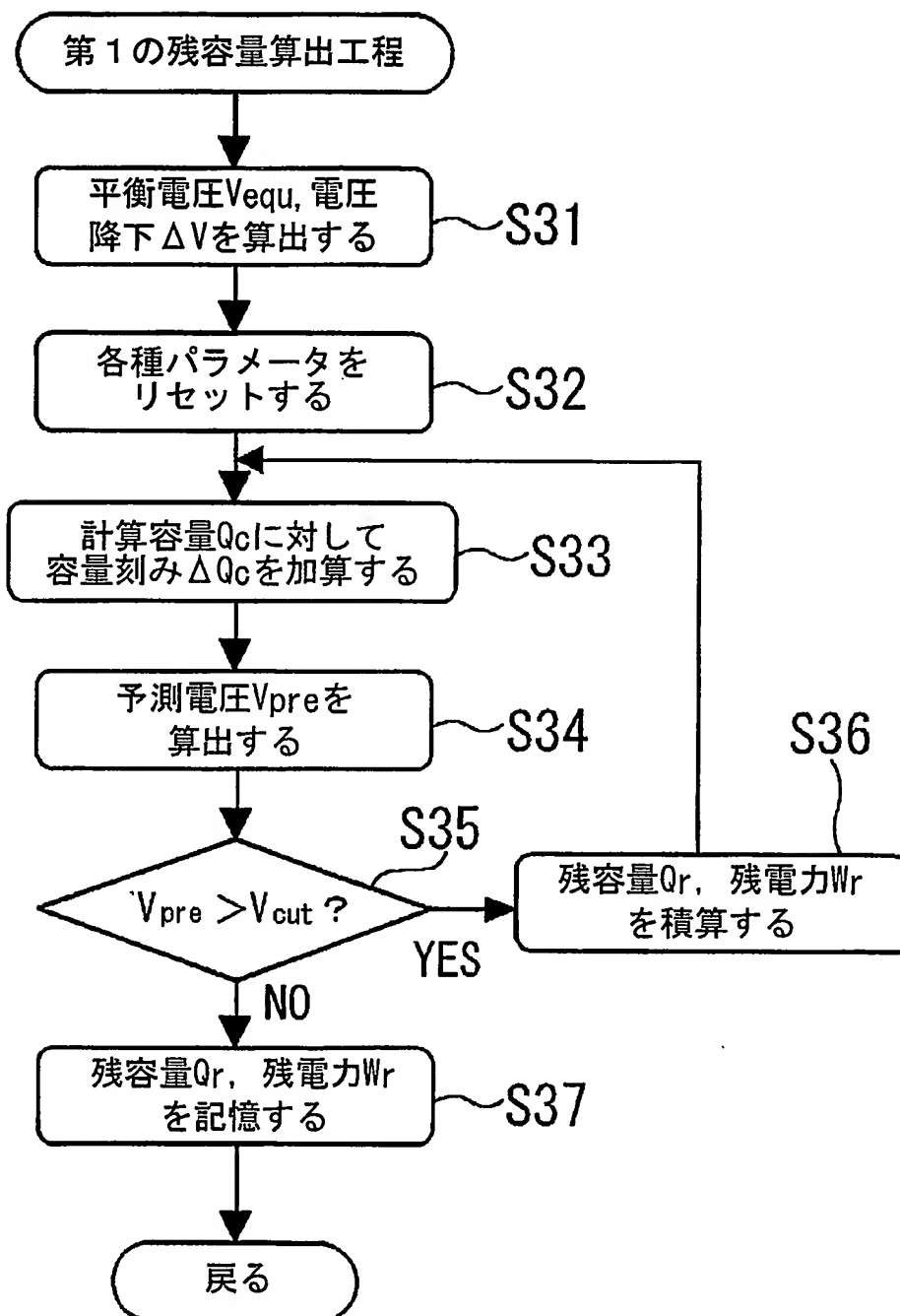
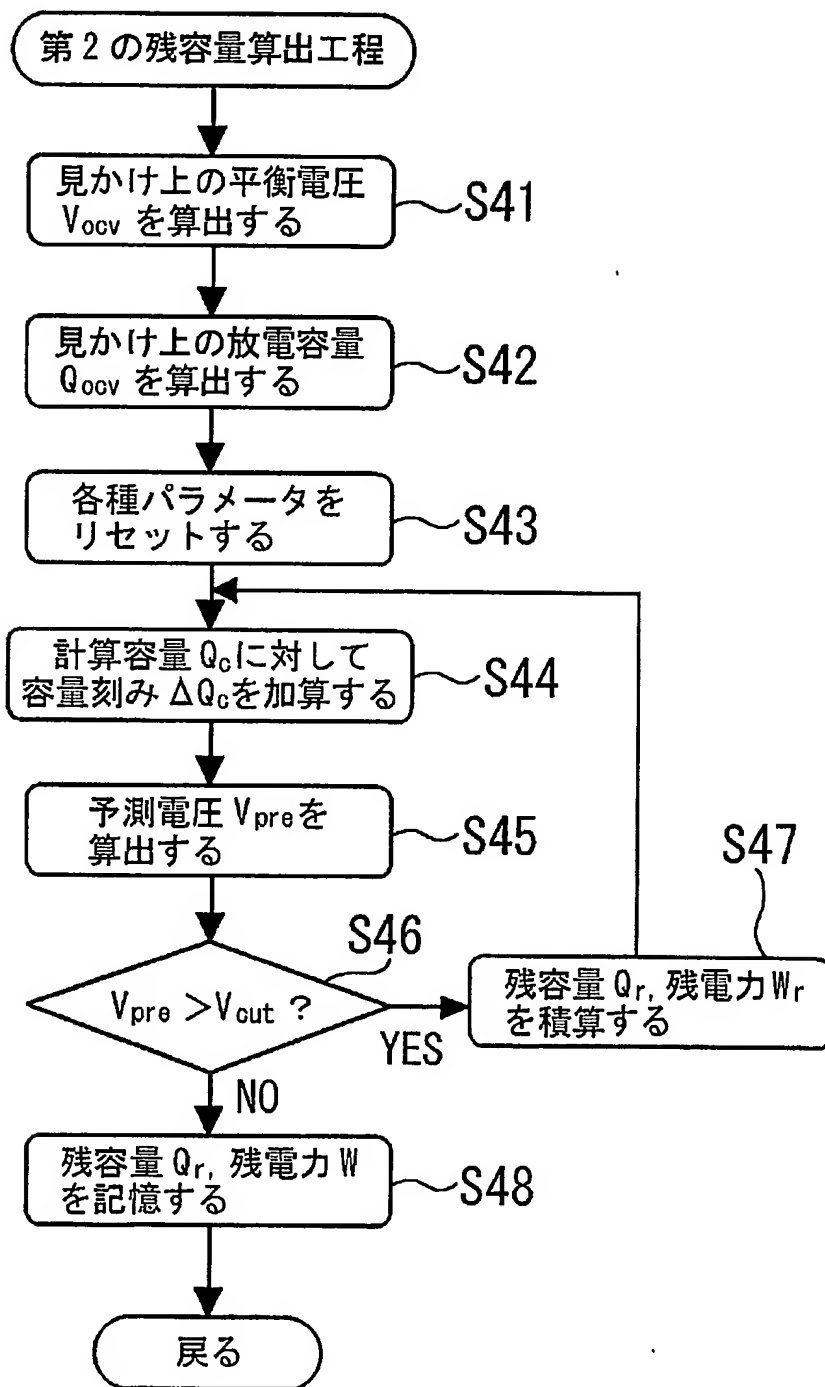


Fig.14



9/10

Fig.15

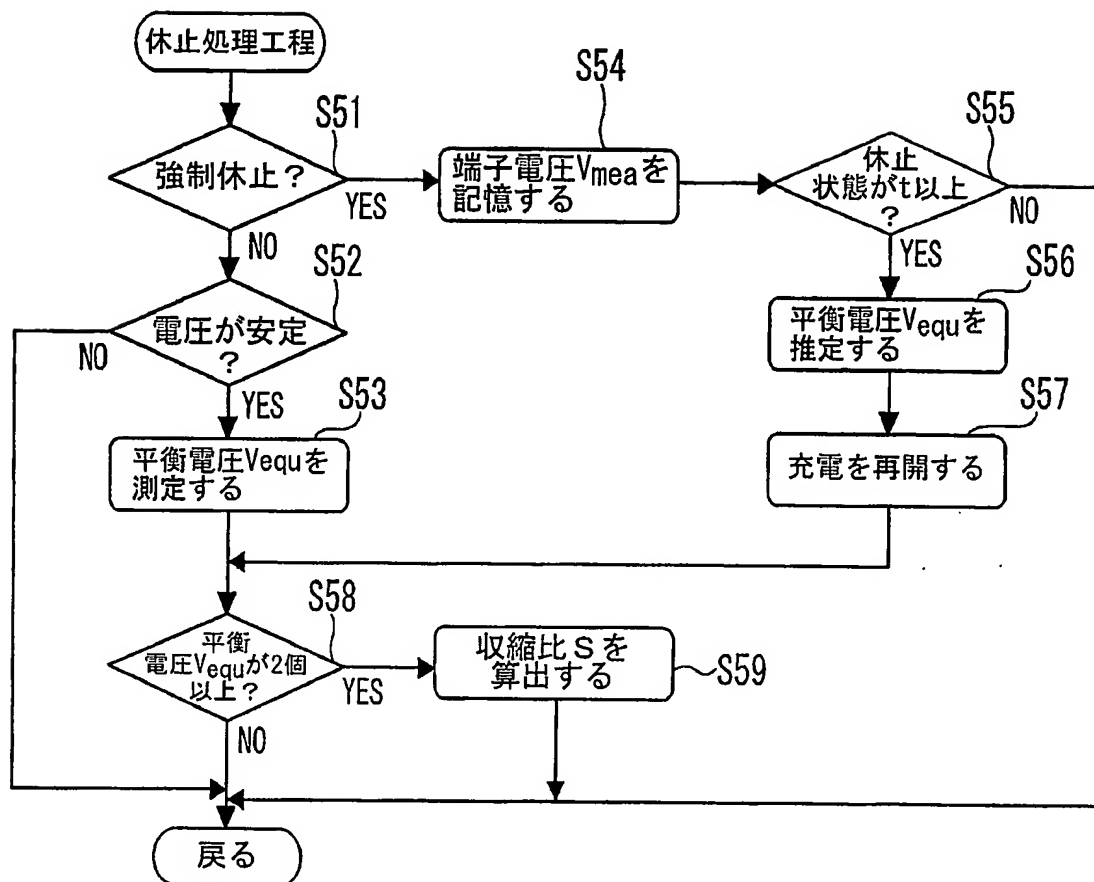
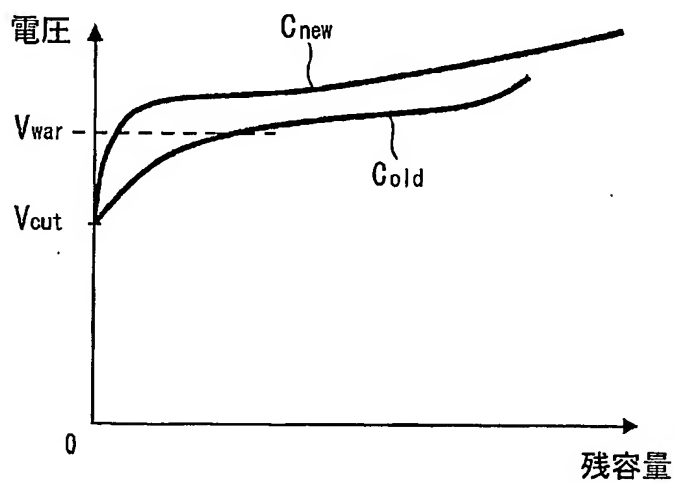
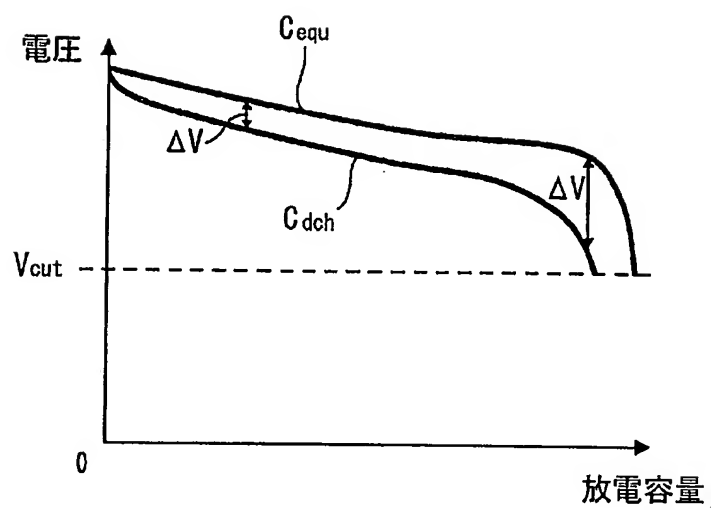


Fig.16



10/10

Fig.17



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/14116

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> G01R31/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G01R31/36Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-147075 A (Denso Corp.), 26 May, 2000 (26.05.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-31
A	JP 8-88944 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 02 April, 1996 (02.04.96), Full text; all drawings (Family: none)	1-31
A	US 5691078 A (Seiko Epson Corp.), 25 November, 1997 (25.11.97), Full text; all drawings & EP 713101 B1 & JP 3178315 B2 & TW 300957 A & CN 1132356 A & DE 69522415 E	1-31

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 09 February, 2004 (09.02.04).	Date of mailing of the international search report 24 February, 2004 (24.02.04)
--	--

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/14116

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3-135303 A (Daihatsu Motor Co., Ltd.), 10 June, 1991 (10.06.91), Full text; all drawings (Family: none)	1-31
A	JP 53-29533 A (Kabushiki Kaisha Aichi Denki Kosakusho), 18 March, 1978 (18.03.78), Full text; all drawings (Family: none)	1-31
A	JP 2002-303646 A (Yazaki Corp.), 18 October, 2002 (18.10.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-31



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl<sup>7</sup> G01R 31/36

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl<sup>7</sup> G01R 31/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
日本国実用新案登録公報 1996-2004年  
日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2000-147075 A (株式会社デンソー) 2000.05.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-31
A	JP 8-88944 A (日産自動車株式会社) 1996.04.02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-31

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.02.2004

国際調査報告の発送日

24.2.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

武田 知晋

2S

9805

電話番号 03-3581-1101 内線 3256

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 5691078 A (Seiko Epson Corporation) 1997. 11. 25, 全文, 全図 & EP 713101 B1 & JP 3178315 B2 & TW 300957 A & CN 1132356 A & DE 69522415 E	1-31
A	JP 3-135303 A (ダイハツ工業株式会社) 1991. 06. 10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-31
A	JP 53-29533 A (株式会社愛知電機工作所) 1978. 03. 18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-31
A	JP 2002-303646 A (矢崎総業株式会社) 2002. 10. 18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-31